



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE 091399

**OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI MENARA
TELEKOMUNIKASI SELULER BARU BERSAMA DI
KABUPATEN BANGKALAN DENGAN
MENGUNAKAN METODE *SIMULATED ANNEALING***

ANGGA DWIAN PRAKOSO
NRP 2212106018

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - TE 091399

**OPTIMIZATION THE PLACEMENT OF NEW JOINT
CELLULAR TELECOMMUNICATION TOWERS
LOCATION IN BANGKALAN USING *SIMULATED
ANNEALING METHOD***

ANGGA DWIAN PRAKOSO
NRP 2212106018

Supervisor
Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.

ELECTRICAL ENGINEERING MAJOR
Industry Technology Facultu
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

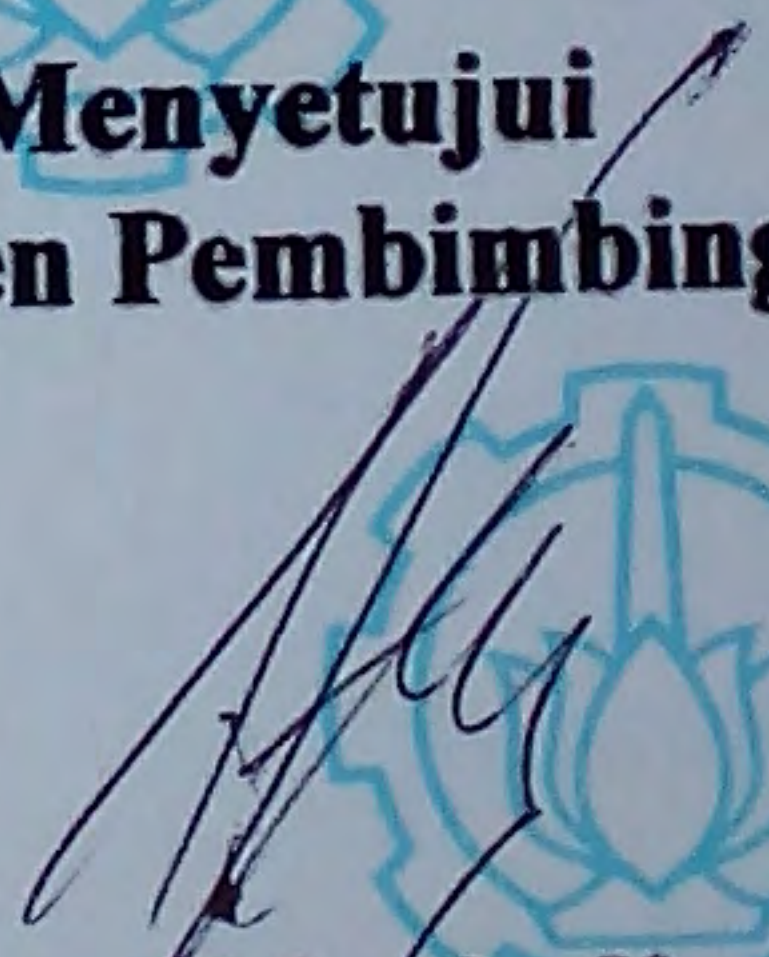
**OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI MENARA
TELEKOMUNIKASI SELULER BARU BERSAMA DI
KABUPATEN BANGKALAN DENGAN MENGGUNAKAN
METODE *SIMULATED ANNEALING***

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro
Pada**

**Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Jurusan Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Menyetujui
Dosen Pembimbing**


Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
NIP. 19610903198903 1 001

**SURABAYA
JANUARI, 2015**

OPTIMASI PENEMPATAN LOKASI MENARA TELEKOMUNIKASI SELULER BARU BERSAMA DI KABUPATEN BANGKALAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE *SIMULATED ANNEALING*

Nama : Angga Dwian Prakoso
Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT

ABSTRAK

Dewasa ini teknologi berserta industrinya berkembang sangat pesat, khususnya sistem komunikasi nirkabel dan bergerak. Hal ini mengakibatkan peningkatan kebutuhan fasilitas-fasilitas yang menunjang terbangunnya suatu jaringan sistem komunikasi nirkabel, seperti menara telekomunikasi penyedia jaringan untuk berkomunikasi antar pengguna seluler. Seiring dengan bertambahnya tahun dan bertambahnya pengguna seluler, maka bertambah pula jumlah kebutuhan menara telekomunikasi. Sedangkan dalam pembangunan menara telekomunikasi memerlukan ketersediaan lahan, bangunan dan ruang udara.

Maka dari itu dilakukan apa yang dinamakan *cell planning*. *Cell planning* adalah perencanaan penataan menara telekomunikasi seluler yang sudah ada / eksisting berdasarkan estetika dan kesesuaian dengan rencana tata ruang wilayah suatu daerah, yang nantinya bisa bertambah atau berkurang.

Pada tugas akhir ini, *cell planning* dilaksanakan pada wilayah Kabupaten Bangkalan, di optimasi dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Hasil yang di dapat adalah pada tahun 2014 sebanyak 235 menara dengan total BTS 352 buah. Untuk total jumlah kebutuhan tahun 2019 yaitu 307 menara dan 540 BTS. Dengan demikian diperlukan penambahan sejumlah 74 menara baru dan 180 BTS yang tersebar di 18 area kecamatan di Kabupaten Bangkalan.

Kata Kunci : *Cell planning, Menara Telekomunikasi Bersama, Simulated Annealing, MapInfo*



[halaman ini sengaja di kosongkan]

OPTIMIZATION THE PLACEMENT OF NEW JOINT CELLULAR TELECOMMUNICATION TOWERS LOCATION IN BANGKALAN USING SIMULATED ANNEALING METHOD

Name : Angga Dwian Prakoso
Supervisor : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT

ABSTRACT

Nowdays technology and its industries develop rapidly, especially wireless communication system and mobile communication system. This conditions cause the facilities which can be used to make a wireless communication network increase a lot, such as telecommunication towers use to provide telecommunication network so that the users can communicate each other. Day by day, year by year, the increase of cellular users cause the increase of the number of telecommunication towers need. while the construction of telecommunication towers require the availability lands, buiding and air space.

Therefore the cell planning requires to solve that problems. The Cell planning is The planning of rearranges of a mobile telecommunications tower that already exists based on aesthetics and compliance with spatial planning of an area in a region. It can be increased or decreased.

In this final project, the cell planning is going to be implemented in Bangkalan and going to be optimized using Simulated Annealing method. The results are obtained in 2014 are 235 existing towers and 352 existing BTSs. The total number of the requirements in 2019 are 307 towers and 540 BTSs. Thus, this region needs 74 new towers and 180 new BTSs that spread across 18 district in Bangkalan.

Key Word : *Cell planning, Joint Telecommunication Tower, Simulated Annealing, MapInfo*



KATA PENGANTAR

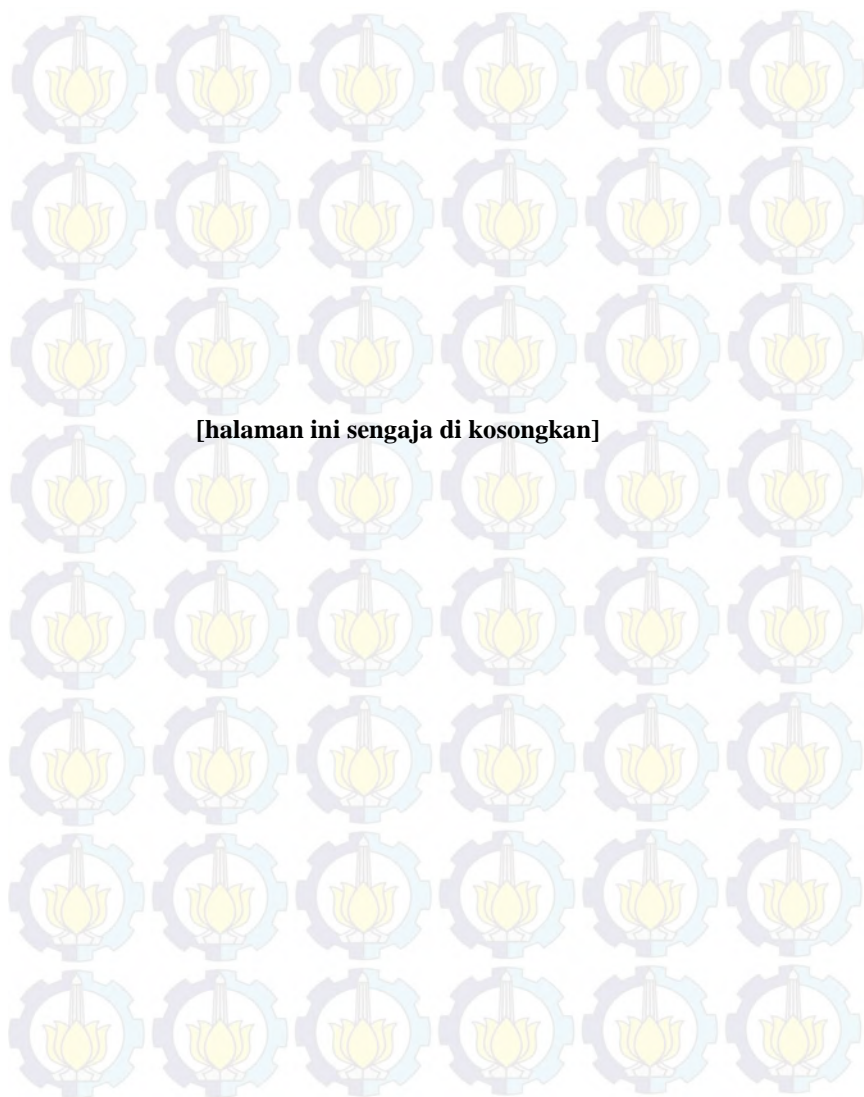
Segala puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah Subhana wa ta'ala, yang telah melimpahkan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Optimasi Penempatan Lokasi Menara Telekomunikasi Seluler Baru Bersama di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Metode *Simulated Annealing*

Tugas Akhir ini ditujukan untuk memenuhi syarat kelulusan dalam menempuh pendidikan tingkat Sarjana pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. .

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan ikhlas kepada semua pihak yang telah membantu pengerjaan proyek Akhir ini.

1. Kedua orangtuaku tercinta, Ayahanda Endro Suharyanto dan Ibunda Eny Puji Astuti yang tak henti-hentinya memberikan doa, semangat, perhatian, suri tauladan, kesabaran, dan pengertian tiada tara. Mulai dari saya lahir sampai bisa menyelesaikan jenjang pendidikan Sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Dan tidak lupa kepada kakak saya Vita Putri Oktaviani dan adek saya Purnaning Siwi Kusumastuti, dan Ursula Penny Putrikrislia yang selalu memberikan motivasi, memberi saran dan selalu menjadi penyemangat penulis. I LOVE YOU!
2. Bapak Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, kritikan, motivasi keluangan waktu, dan kesabarannya dalam membimbing penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Keluarga Besar jurusan Telkom yang sudah bersama-sama selama 3 semester. Semoga kita tetap menjadi saudara sampai nanti.

Surabaya, Januari 2015
Penulis



BAB**HALAMAN**

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
1.7 Relevansi	5
BAB II TEORI PENUNJANG	7
2.1 Konsep Seluler	7
2.1.1 Teknologi GSM	7
2.1.2 Spesifikasi Teknis GSM	8
2.1.3 Arsitektur Jaringan GSM	9
2.1.4 Teknologi CDMA	11
2.1.5 Kapasitas Trafik Pada Seluler	12
2.1.6 Grade of Service (GOS)	13
2.1.7 Daerah Cakupan BTS	13
2.1.8 Topologi Wilayah	14
2.1.9 Jenis Menara Telekomunikasi	15
2.2 Simulated Annealing	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Menentukan Daerah Penelitian	24
3.2 Pengumpulan Data	24
3.3 Pengolahan Data	28
3.3.1 Pengolahan Data menggunakan <i>Ms. Excel</i>	29
3.3.1.1 Peramalan Jumlah penduduk	29

3.3.1.2	Peramalan Jumlah Pengguna Layanan Seluler	30
3.3.1.3	Peramalan Kapasitas Total Trafik	31
3.3.1.4	Peramalan Kebutuhan BTS	31
3.3.1.5	Peramalan kebutuhan Menara Bersama	32
3.3.1.6	Menentukan Radius Sel	33
3.3.2	Implementasi Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	35
3.3.2.1	Insialisasi Populasi Awal	35
3.3.2.2	Pembagian Jumlah Pengguna Seluler Tiap Kecamatan Berdasar Ketinggian Menara	35
3.3.2.3	Evaluai Nilai Fitness Partikel Random Dengan Partikel Eksisting	36
3.3.3	Pengolahan Peta Digital dengan <i>MapInfo V.10</i>	37
BAB IV	ANALISA DAN PEMBAHASAN	39
4.1	Data dan Lokasi Menara Telekomunikasi Eksisting ..	39
4.2	Visualisasi Titik Menara Eksisting	39
4.3	Visualisasi Cakupan Menara Eksisting	40
4.4	Perencanaan Kebutuhan Menara Baru Telekomunikasi Bersama	42
4.4.1	Perhitungan Estimasi Jumlah Pengguna Layanan Seluler	42
4.4.2	Perhitungan Kapasitas Total Trafik	43
4.4.3	Perhitungan Peramalan Kebutuhan Jumlah BTS	44
4.4.4	Perhitungan Peramalan Jumlah Menara Bersama ..	45
4.5	Penentuan Lokasi Menara Bersama Optimal dengan Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	46
4.5.1	Pencarian Lokasi Optimal	46
4.5.2	Visualisasi Koordinat Menara Baru	51
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LAMPIRAN A : PROPOSAL TUGAS AKHIR	59
	LAMPIRAN B : LEMBAR MONITORING TA	73
	LAMPIRAN C : KODE PROGRAM MATLAB	75

LAMPIRAN D : DATA MENARA TELEKOMUNIKASI EKSISTING DI KABUPATEN BANGKALAN	91
LAMPIRAN E : PERUBAHAN TITIK KOORDINAT MENARA EKSISTING DI KABUPATEN BANGKALAN	101
LAMPIRAN F : HASIL PENAMBAHAN MENARA EKSISTING EKSISTING DI KABUPATEN BANGKALAN	113
LAMPIRAN G : DATA COVERAGE LAYANAN 2G DAN 3G PADA DAERAH RURAL DI KABUPATEN BANGKALAN	117
LAMPIRAN H : SURAT PERMOHONAN BANTUAN DATA	119
LAMPIRAN I : SURAT PERMOHONAN BANTUAN DATA BAKESBANGPOL SURABAYA.....	121
LAMPIRAN J : SURAT KETERANGAN BAKESBANGPOL BANGKALAN	123
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	125



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Jumlah Kepadatan dan Laju Pertumbuhan Penduduk (LP) Kabupaten Bangkalan tahun 2010	27
Tabel 3.2	Persebaran Menara Telekomunikasi Eksisting di Kabupaten Bangkalan	31
Tabel 3.3	Hasil Perhitungan Peramalan Jumlah Penduduk Pada Tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan	32
Tabel 3.4	Spesifikasi Teknis Perangkat 2G untuk <i>Sub Urban</i> dan <i>Rural</i>	34
Tabel 3.5	Spesifikasi Teknis Perangkat 3G untuk <i>Sub Urban</i> dan <i>Rural</i>	36
Tabel 3.6	Perhitungan <i>Coverage Area</i> Layanan 2G Untuk Area <i>Suburban</i>	34
Tabel 3.7	Perhitungan <i>Coverage Area</i> Layanan 3G Untuk Area <i>Suburban</i>	34
Tabel 4.1	Peramalan Pengguna Seluler Tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan	40
Tabel 4.2	Perhitungan peramalan kapasitas total trafik pada tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan	41
Tabel 4.3	Estimasi Kebutuhan BTS pada Tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan	42
Tabel 4.4	Estimasi Kebutuhan Menara Bersama pada tahun 2019	43
Tabel 4.5	Posisi Koordinat Latitude dan Longitude Eksisting di Kecamatan Arosbaya	47
Tabel 4.6	Posisi Koordinat Latitude dan Longitude baru di Kecamatan Arosbaya	48
Tabel 4.7	Penambahan Menara Baru Bersama di Kecamatan Bangkalan Menggunakan Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	49
Tabel 4.8	Penambahan Menara Baru Bersama di Kecamatan Bangkalan Menggunakan Algoritma <i>Fuzzy Evolusi</i>	50
Tabel D.1	Data Menara Telekomunikasi Eksisting di Kabupaten Bangkalan	91

Tabel E.1	Perubahan Titik Koordinat Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan	101
Tabel F.1	Penambahan Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan	113
Tabel G.1	Data Coverage Layanan 2G pada Daerah Rural di Kabupaten Bangkalan	117
Tabel G.2	Data Coverage Layanan 3G pada Daerah Rural di Kabupaten Bangkalan	118

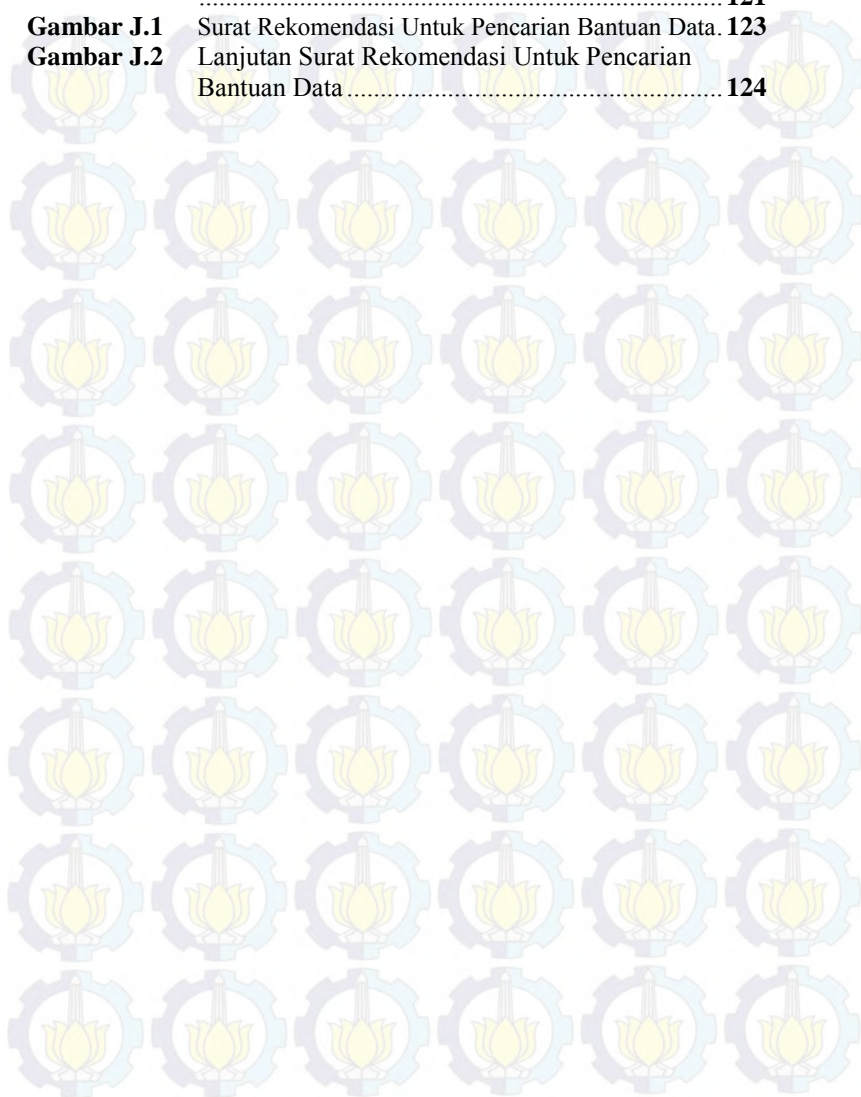
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perbandingan penggambaran heksagonal dan lingkaran	7
Gambar 2.2	Arsitektur Jaringan GSM	10
Gambar 2.3	Arsitektur Jaringan CDMA	12
Gambar 2.4	Menara Mandiri (<i>Self Supporting Tower</i>)	15
Gambar 2.5	Menara Tunggal (<i>Monopole Tower</i>)	16
Gambar 2.6	Menara Tegang (<i>Guyed Tower</i>)	17
Gambar 3.1	Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir	25
Gambar 3.2	Peta Kabupaten Bangkalan	26
Gambar 3.3	Pengguna Telepon Bergerak Seluler Menurut Wilayah di Indonesia, tahun 2010	29
Gambar 3.4	Diagram Alir Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	34
Gambar 4.1	Visualisasi Peta Persebaran Titik-Titik Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan	40
Gambar 4.2	Visualisasi Peta Persebaran Cakupan Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan	41
Gambar 4.3	Visualisasi Peta Persebaran Cakupan Menara 3G Eksisting di Kabupaten Bangkalan	42
Gambar 4.4	Tampilan Proses Penentuan Menara Bersama Telekomunikasi	46
Gambar 4.5	Visualisasi Perubahan Titik Koordinat Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan	51
Gambar 4.6	Visualisasi Perbandingan Coverage Koordinat Menara Baru Eksisting dengan Titik Menara Eksisting (Data PT. Dibyacipta Primasol)	52
Gambar 4.7	Visualisasi Penambahan Menara Baru di Kabupaten Bangkalan	53
Gambar A.1	Lembar Pengesahan Proposal Tugas Akhir	59
Gambar B.1	Lembar Monitoring Kegiatan Tugas Akhir	73
Gambar H.1	Surat Permohonan Ijin Penelitian dan Bantuan Data	119

Gambar I.1	Surat Rekomendasi Untuk Melakukan Penelitian	121
-------------------	--	------------

Gambar J.1	Surat Rekomendasi Untuk Pencarian Bantuan Data	123
-------------------	--	------------

Gambar J.2	Lanjutan Surat Rekomendasi Untuk Pencarian Bantuan Data	124
-------------------	---	------------



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini, seluler sudah menjadi kebutuhan yang primer bagi manusia. Oleh karena itu banyak bermunculan operator-operator seluler yang baru, yang kemudian mereka berlomba-lomba meningkatkan kualitas pelayanannya. Cara yang di tempuh untuk melakukan peningkatan kualitas pelayanan, yaitu menambah jumlah *Base Tranceiver Station (BTS)*. Karena dengan cara ini sudah terbukti menjadi solusi yang tepat untuk memberikan *coverage area* suatu provider operator seluler. Dalam pembangunan BTS yang baru, tentu saja juga memperhatikan faktor-faktor tertentu, seperti pemukiman penduduk, PLN, *existing* BTS, jaringan PLN, sungai, jalan, dan lain sebagainya.

Karena faktor tersebut lah, hal yang perlu dilakukan adalah perencanaan pembangunan BTS bersama dengan memperhatikan nilai keindahan sebuah Kabupaten dan tata ruang wilayah yang telah di atur oleh Peraturan Menkominfo No.02/PER/M.KOMINFO/3/2008. Kemudian setelah mempertimbangkan aspek tersebut, menentukan *coverage area* untuk Kabupaten Bangkalan supaya dapat memenuhi kebutuhan dengan memperhatikan kapasitas trafik yang akan dilayani oleh setiap sel.

Salah satu cara yang bisa di gunakan untuk memperoleh lokasi menara telekomunikasi yang optimal dengan tetap memperhatikan lokasi *existing BTS* dan tata ruang wilayah Kabupaten Bangkalan adalah menggunakan metode *Simulated Annealing*. Metode *Simulated Annealing* adalah sebuah ide untuk mensimulasikan proses annealing yang di observasi secara alamiah. Dengan menggunakan annealing, keadaan-keadaan alamiah dibangkitkan untuk mendapatkan konfigurasi optimal. Dengan proses *Simulated Annealing* dapat ditemukan solusi optimal dari masalah kombinatorial yang kompleks.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, permasalahan yang timbul dan akan di bahas dalam tugas akhir ini adalah :

- a. Bagaimana memperoleh hasil maksimal dalam penempatan menara telekomunikasi bersama pada Kabupaten Bangkalan, dengan jumlah seminimal mungkin, tetapi dapat mencakup seluruh wilayah Kabupaten dan tentunya dapat menunjukkan unjuk kerja yang tinggi di lihat dari segi kapasitas trafik yang di sediakan?
- b. Bagaimana menentukan kebutuhan menara bersama di Kabupaten Bangkalan hingga 5 (lima) tahun kedepan?
- c. Bagaimana cara menggunakan Metode *Simulated Annealing* sebagai pemecahan masalah dalam menentukan penempatan menara bersama telekomunikasi pada Kabupaten Bangkalan?
- d. Variabel apa saja yang di butuhkan untuk menentukan lokasi menara baru bersama dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam pengerjaan tugas akhir, permasalahan di atas dibatasi sebagai berikut:

- a. Studi kasus dilakukan mencakup wilayah Kabupaten Bangkalan.
- b. Optimalisasi menara bersama menggunakan standar GSM.
- c. Optimalisasi dilakukan berdasar dari beberapa aspek, seperti luas wilayah Kabupaten Bangkalan, perkembangan jumlah penduduk, di iringi pertumbuhan jumlah pengguna seluler, batas wilayah, *coverage* menaradan titik potensial RTRW
- d. Penggunaan Metode *Simulated Annealing* serta Map Info 10.0 sebagai metode pemecahan masalah penempatan menara bersama.
- e. Hasil penelitian tugas akhir ini merupakan sebuah rekomendasi bersama dengan hasil penelitian tugas akhir lain di wilayah yang sama menggunakan algoritma *Fuzzy Evolusi*.

1.4 Tujuan

Penelitian pada tugas akhir ini memiliki maksud dan tujuan sebagai berikut:

- a. Memperoleh solusi perencanaan kebutuhan menara bersama di Kabupaten Bangkalan hingga 5 (lima) tahun kedepan.
- b. Mengetahui letak lokasi potensial bagi menara baru telekomunikasi bersama yang dapat mencakup wilayah Kabupaten Bangkalan dengan tidak memperhatikan menara dan BTS yang sudah ada.
- c. Menerapkan Metode *Simulated Annealing* untuk penempatan lokasi BTS secara optimal, sehingga dapat memberikan masukan kepada *operator* jasa telekomunikasi dalam menentukan lokasi dibangunnya menara bersama.
- d. Membandingkan hasil optimasi dari penelitian ini dengan hasil optimasi penelitian lain di wilayah yang sama menggunakan metode *Fuzzy Evolusi*
- e. Mengendalikan pertumbuhan, penggunaan dan struktur menara bersama secara efektif dan efisien, serta mengatur persebaran lokasinya sehingga dapat melindungi estetika lingkungan dan tata ruang wilayah Kabupaten Bangkalan.

1.5 Metodologi

Metodologi yang digunakan pada peneletian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Study Literatur
 - Mencari dan memperlajari pustaka mengenai konsep dasar sistem komunikasi seluler dan perencanaan sel.
 - Mempelajari penggunaan metode *Simulated Annealing*.
 - Mempelajari teknik pemetaan menggunakan perangkat lunak *MapInfo V.10*
- b. Perencanaan Seluler
 - Menghitung kapasitas trafik dan jumlah menara baru untuk kebutuhan 5 tahun ke depan.
 - Melakukan pemetaan terhadap zona menara eksisting dan zon menara baru.
- c. Pengumpulan dan Analisa Data

- Proses pengambilan data dilakukan dengan melakukan survey ke menara serta mengajukan ijin bantuan data ke Departemen Kominfo Jawa Timur untuk mendapatkan data persebaran menara eksisting.
 - Melakukan perhitungan tentang kebutuhan BTS untuk 5 tahun ke depan.
 - Melakukan simulase metode *Simulated Annealing* untuk mengetahui lokasi potensial pendirian menara telekomunikasi baru bersama.
 - Melakukan pemetaan menara baru bersama dengan menggunakan *MapInfo V.10*
- d. Penyusunan laporan penelitian tugas akhir.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan tugas akhir ini akan disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan.

Bagian pendahuluan menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan relevansi atau manfaat dari tugas akhir ini.

BAB II : Tinjauan Pustaka.

Pada bab ini dijelaskan mengenai teori dasar yang dijadikan acuan dalam tugas akhir ini seperti aspek regulasi, dasar-dasar komunikasi seluler, GSM, CDMA, jenis-jenis menara telekomunikasi dan prediksi jumlah penduduk .

BAB III : Metodologi Penelitian.

Pada bab ini dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam untuk membantu menyelesaikan tugas akhir ini seperti studi pendahuluan, pengumpulan data, perhitungan kebutuhan BTS dan menara telekomunikasi seluler bersama, penempatan menara telekomunikasi seluler bersama.

BAB IV : Analisa Data dan Pembahasan.

Pada bab ini akan diuraikan mengenai perhitungan dari data yang telah dikumpulkan untuk menentukan prediksi jumlah penduduk, jumlah pengguna seluler,

jumlah BTS, jumlah menara telekomunikasi seluler bersama sesuai tahun yang diinginkan. Sampai penggambaran grid untuk lokasi penempatan menara telekomunikasi seluler bersama.

BAB V : Penutup.

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang diperoleh dari tugas akhir ini.

1.7 Relevansi

Hasil yang di peroleh dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

- a. Dilihat dari sisi akademik, penelitian ini di harapkan mempunyai kontribusi untuk kemajuan teknologi seluler di indonesia serta memberika gambaran mengenai *Cell Planning*.
- b. Dilihat dari sisi praktis , penelitian ini dapat membantu pemerintah daerah dalam menentukan kebijakan mengenai pembangunan menara telekomunikasi bersama di daerah Kabupaten Bangkalan.



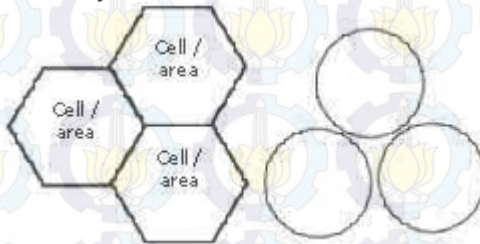
BAB II

TEORI PENUNJANG

2.1 Konsep Seluler

Pada sistem seluler, untuk menggambarkan cakupan area secara geografis di gunakan penggambaran heksagonal. Cakupan area tersebut di sebut dengan sel. Sel biasanya di gambarkan dalam bentuk heksagonal, segitiga, persegi atau segienam karena semua daerah *coverage* dapat dicakup tanpa adanya gap sel satu dengan yang lain. Sel tidak pernah di gambarkan dalam bentuk lingkaran, karena jika sel tersebut berbentuk lingkaran, maka sel satu dengan yang lain tidak akan dapat saling berkesimabungan dengan sempurna.

Suatu sel pada sistem seluler mempunyai daya yang pada umumnya kecil. Dengan konsep sistem seluler yang menggunakan variabel daya yang lebih kecil, maka memperbolehkan ukuran sel di sesuaikan dengan kepadatan pelanggan dan permintaan pada suatu area. Model sel ini berbentuk segienam , supaya peletakan BTS pada pusat sel segienam dapat mencakup seluruh daerah layanan.



Gambar 2. 1 Perbandingan penggambaran heksagonal dan lingkaran [1][2]

2.1.1 Teknologi GSM

Global System for Mobile Communication disingkat GSM adalah sebuah teknologi komunikasi selular yang bersifat digital. Teknologi GSM banyak diterapkan pada komunikasi bergerak, khususnya telepon genggam. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan

waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai pada tujuan. GSM dijadikan standar global untuk komunikasi selular sekaligus sebagai teknologi selular yang paling banyak digunakan orang di seluruh dunia.

GSM (*Global system for Mobile*) adalah generasi kedua dari standar system selular. Sistem selular yang tengah dikembangkan untuk mengatasi problem fragmentasi yang terjadi pada standar pertama di negara Eropa. GSM adalah sistem standar selular pertama didunia yang menspesifikasikan *digital modulation* dan *network level architectures and service*. Sebelum muncul standar GSM ini negara-negara di Eropa menggunakan standar yang berbeda-beda, sehingga pada saat itu tidak memungkinkan seorang pelanggan menggunakan *single subscriber* unit untuk menjangkau seluruh benua Eropa.

Pada awalnya sistem GSM ini dikembangkan untuk melayani sistem seluler di Eropa dan menjanjikan jangkauan network yang lebih luas seperti halnya penggunaan ISDN. Pada perkembangannya sistem GSM ini mengalami kemajuan pesat dan menjadi standar yang paling populer di seluruh dunia untuk sistem seluler. Bahkan pertumbuhannya diprediksikan akan mencapai 20 sampai 50 juta pelanggan pada tahun 2000.

Penggunaan alokasi frekuensi 900 MHz oleh GSM ini diambil berdasarkan rekomendasi GSM (*Groupe special Mobile*) *comitte* yang merupakan salah satu grup kerja pada *confe'rence Europe'ene Postes des Telecommunication* (CEPT). Namun pada akhirnya untuk alasan marketing GSM berubah namanya menjadi *the Global System for Mobile Communication*, sedangkan standar teknisnya diambil dari *European Technical Standards Institute* (ETSI).

GSM pertama kali diperkenalkan di Eropa pada tahun 1991 kemudian pada akhir 1993, beberapa negara non Amerika seperti Amerika Selatan, Asia dan Australia mulai mengadopsi GSM yang akhirnya menghasilkan standar baru yang mirip yaitu DCS 1800, yang mendukung PCS (*Personal Communication Service*) pada frekuensi 1,8 GHz sampai 2 GHz.

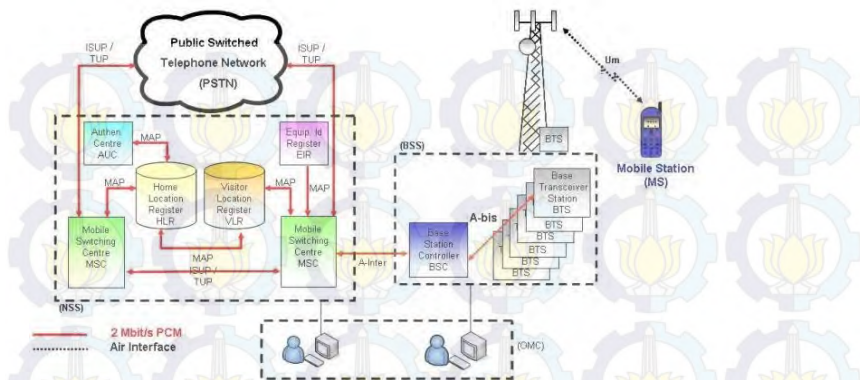
2.1.2 Spesifikasi Teknis GSM

Di Eropa, pada awalnya GSM didesain untuk beroperasi pada frekuensi 900 MHz. Pada frekuensi ini, frekuensi

uplinks-nya digunakan frekuensi 890–915 MHz, sedangkan frekuensi *downlink* nya menggunakan frekuensi 935–960 MHz. *Bandwith* yang digunakan adalah 25 MHz ($915-890 = 960-935 = 25$ MHz), dan lebar kanal sebesar 200 kHz. Dari keduanya, maka didapatkan 125 kanal, dimana 124 kanal digunakan untuk suara dan satu kanal untuk sinyal. Pada perkembangannya, jumlah kanal 124 semakin tidak mencukupi dalam pemenuhan kebutuhan yang disebabkan pesatnya pertambahan jumlah pengguna. Untuk memenuhi kebutuhan kanal yang lebih banyak, maka regulator GSM di Eropa mencoba menggunakan tambahan frekuensi untuk GSM pada band frekuensi di *range* 1800 MHz dengan frekuensi 1710–1785 MHz sebagai frekuensi *uplinks* dan frekuensi 1805–1880 MHz sebagai frekuensi *downlinks*. GSM dengan frekuensinya yang baru ini kemudian dikenal dengan sebutan GSM 1800, yang menyediakan *bandwidth* sebesar 75 MHz ($1880-1805 = 1785-1710 = 75$ MHz). Dengan lebar kanal yang tetap sama yaitu 200 kHz sama, pada saat GSM pada frekuensi 900 MHz, maka pada GSM 1800 MHz ini akan tersedia sebanyak 375 kanal. Di Eropa, standar-standar GSM kemudian juga digunakan untuk komunikasi *railway*, yang kemudian dikenal dengan nama GSM-R. [1][2]

2.1.3 Arsitektur Jaringan GSM

Teknologi GSM menggunakan sistem TDMA dengan alokasi kurang lebih sekitar delapan pengguna di dalam satu *channel* frekuensi sebesar 200 kHz per satuan waktu. Awalnya, frekuensi yang digunakan adalah 900 MHz. Pada perkembangannya frekuensi yang digunakan adalah 1800 MHz dan 1900 MHz. Kelebihan dari GSM adalah *interface* yang lebih bagi para *provider* maupun para penggunanya. Selain itu, kemampuan *roaming* antar sesama *provider* membuat pengguna dapat bebas berkomunikasi. GSM sendiri sudah sangat populer di kalangan pengguna telepon seluler. Teknologi ini memanfaatkan gelombang mikro dan pengiriman sinyal yang dibagi berdasarkan waktu, sehingga sinyal informasi yang dikirim akan sampai pada tujuan. GSM dijadikan standar untuk komunikasi selular sekaligus sebagai teknologi selular yang paling banyak digunakan diseluruh dunia. GSM dikenal sebagai teknologi 2G. Arsitektur jaringan GSM seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Arsitektur Jaringan GSM [1][2]

Secara umum, *network element* dalam arsitektur jaringan GSM dibagi menjadi [5] :

1. Mobile Station (MS)

- Mobile Equipment (ME) atau *handset*, merupakan perangkat GSM yang berada di sisi pengguna atau pelanggan yang berfungsi sebagai *transceiver* (pengirim dan penerima sinyal) untuk berkomunikasi dengan perangkat GSM lainnya.
- *Subscriber Identity Module* (SIM) atau *SIM Card*, merupakan kartu yang berisi seluruh informasi pelanggan dan beberapa informasi pelayanan. ME tidak akan dapat digunakan tanpa SIM didalamnya, kecuali untuk panggilan darurat.

2. Base Station Sub-system (BSS)

- BTS (*Base Transceiver Station*), perangkat GSM yang berhubungan langsung dengan MS dan berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal.
- BSC (*Base Station Controller*), perangkat yang mengontrol kerja BTS-BTS yang berada di bawahnya dan sebagai penghubung BTS dan MSC.

3. *Network Sub-system (NSS)*

- *Mobile Switching Center* atau MSC, merupakan sebuah *network element central* dalam sebuah jaringan GSM. MSC sebagai inti dari jaringan seluler, dimana MSC berperan untuk interkoneksi hubungan pembicaraan, baik antar seluler maupun, baik antar seluler atau dengan jaringan PSTN, maupun jaringan data.

4. *Operation and Support System (OSS)*

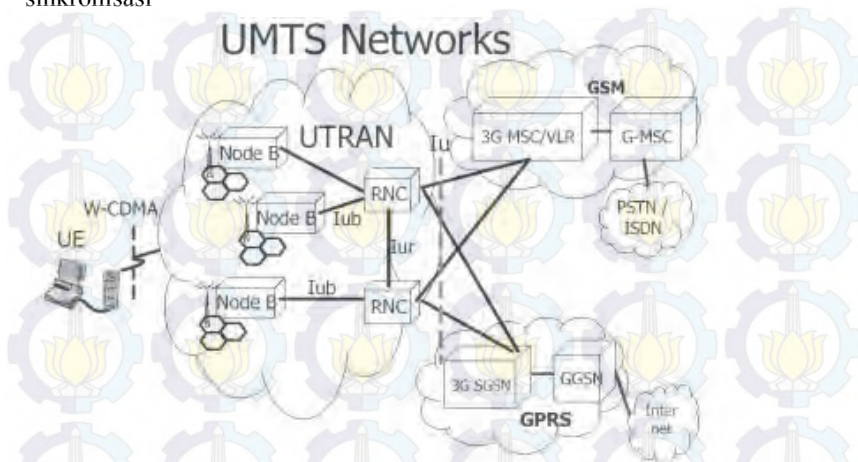
- OSS (*Operation and Support System*) memiliki perangkat utama yang disebut OMC (*Operation and Maintenance Center*) dimana OMC merupakan pusat pengendali jaringan yang mengontrol dan memonitor seluruh kejadian yang ada pada jaringan seluler termasuk kualitas pelayanan yang disediakan oleh jaringan. Setiap element jaringan melaporkan status / kondisi, demikian bila terjadi kerusakan atau masalah maka setiap kasus akan dilaporkan ke OMC berupa alarm secara otomatis sehingga memudahkan untuk menentukan tindakan tepat yang akan diambil guna mengatasi masalah pada jaringan.

2.1.4 Teknologi CDMA

CDMA merupakan salah satu teknik akses *spread spectrum*, dimana pada sistem ini setiap pemakai menggunakan waktu dan frekuensi secara bersamaan. Untuk membedakan setiap pemakai digunakan pengidentifikasian dengan menggunakan sebuah kode penalar (*Pseudo Noise Code*) yang unik, penerima membedakan tiap pemakai berdasarkan kode penalar yang dimiliki pemakai.

Pada CDMA sinyal informasi *narrow band* dikalikan dengan suatu sinyal *bandwidth* lebar yang merupakan suatu *pseudo noise code sequence*. Sinyal *spreading* ini memiliki kecepatan chip yang lebih besar daripada kecepatan data pada sinyal informasinya. Pada penerima, sinyal yang di transmisikan tersebut dikembalikan ke bentuk sinyal informasinya dengan cara mengalikan kembali sinyal

tersebut dengan *pseudo noise code* yang sama sehingga terjadi sinkronisasi



Gambar 2. 3 Arsitektur Jaringan CDMA [2][5]

2.1.5 Kapasitas Trafik Pada Seluler

Perpindahan informasi dari satu tempat ke tempat lain melalui jaringan telekomunikasi di sebut dengan trafik. Nilai dari suatu trafik pada sebuah kanal didapat dengan menghitung lama waktu pendudukan pada kanal tersebut. Ukuran dari kesibukan dari trafik suatu kanal tersebut dikenal dengan istilah Erlang, dimana definisi satu Erlang adalah intensitas panggilan selama satu periode.

Intensitas trafik bisa di artikan sebagai jumlah waktu pendudukan per satuan waktu atau trafik yang dibagi dengan periode waktu pengamatan.

$$A = \frac{V}{T} \quad (2.1)$$

dengan :

A = Intensitas Trafik (Erlang)

V = Volume trafik atau waktu pendudukan per satuan waktu

T = Periode Waktu pengamatan [3]

2.1.6 *Grade of Service (GOS)*

Ketika seseorang mencoba melakukan sebuah panggilan telepon, routing menentukan apakah akan menerima panggilan, mengalihkan panggilan untuk alternatif lain atau menolak panggilan sepenuhnya. Panggilan ditolak karena menjadi trafik yang berlebihan pada sistem yang dapat mengakibatkan panggilan tertunda ataupun kehilangan. Jika panggilan tertunda, pengguna hanya harus menunggu hingga trafik atau lalu lintas panggilan dapat normal kembali. Dalam *Loss System*, *Grade of Service (GOS)* digambarkan sebagai proporsi itu panggilan yang hilang karena trafik yang berlebihan di jam sibuk. Definisi dari *Grade of Service* dapat dinyatakan dalam rumus : [6]

$$GOS = \frac{\text{Panggilan yang ditolak}}{\text{Panggilan yang masuk}} \quad (2.2)$$

2.1.7 *Daerah Cakupan BTS*

BTS memiliki daerah cakupan yang bergantung pada kuat lemahnya pancaran daya dari sinyal yang dikirimkan ke pelanggan. Faktor lingkungan dan interferensi dari BTS operator sekitar juga mempengaruhi kekuatan dari BTS untuk meng-cover suatu wilayah. BTS mempunyai beberapa antena yang mempunyai fungsi yang berbeda. Antena yang ke arah pelanggan disebut *microwave* dan yang ke arah BSC atau BTS disebut antena sektoral

Antena sektoral sendiri adalah antena yang meng-cover suatu wilayah. Spesifikasi antena sektoral berpengaruh dalam luas cakupan suatu wilayah. Kuat sinyal yang diterima oleh pelanggan di pengaruhi oleh daya pancar BTS tersebut.

Daerah cakupan pada penelitian ini mempunyai morfologi *Suburban* dan *Rural*, sehingga perhitungannya menggunakan rumus di bawah ini : [7]

$$\text{Suburban} : L_{db} = A + B \log R - C \quad (2.3)$$

$$\text{Rural} : L_{db} = A + B \log R - D \quad (2.4)$$

$$A = 69.55 + 26.16 \log fc - 13.82 \log hb$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log hb$$

$$C = 2 (\log (fc/28)^2) + 5.4$$

$$D = 4.78 (\log fc)^2 - 18.33 \log fc + 40.94$$

dengan :

L_{db} = Loss dalam db

fc = frekuensi *carrier*

hb = tinggi menara

R = radius cell

2.1.8 Topologi Wilayah

Ada 4 kategori dalam pengelompokan morfologi area, yaitu : [9]

1. *Urban*

- *Urban very high-rise*, suatu wilayah yang di deskripsikan dengan kepadatan penduduk yang tinggi, jalanan satu arah dengan lalu lintas kendaraan yang padat, terdapat banyak gedung-gedung tinggi dan pencakar langit dengan ketinggian hingga puluhan lantai.
- *Urban high rise*, suatu wilayah di gambarkan memiliki beberapa gedung-gedung tinggi disekitarnya dan lalu lintas kendaraan yang lumayan padat.

2. *Suburban*

- Wilayah ini memiliki jalanan yang luas dengan bangunan di sekitar yang rata-rata memiliki ketinggian kurang dari 3 lantai dan lalu lintas pada daerah ini cenderung rendah.

3. *Residential*

- Wilayah ini dideskripsikan dengan terdapatnya pemukiman penduduk dengan ketinggian satu atau dua

lantai, jalanan dua arah yang lebar serta lalu lintas kendaraan yang rendah.

4. *Rural*

- Wilayah rumah-rumah penduduk sederhana di kelilingi oleh perkebunan / ladang / sawah yang luas, dan lalu lintas kendaraan cukup tinggi.

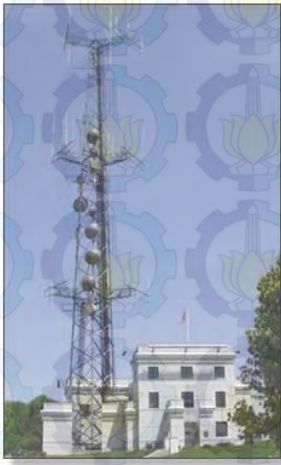
2.1.9 Jenis Menara Telekomunikasi

Menara pada umumnya berfungsi sebagai komunikasi bergerak selular di daratan, mencakup komunikasi seluler teknologi GSM dan CDMA, serta untuk komunikasi point to point. Menara dapat di bedakan berdasarkan :

a. Struktur bangunan menara : [10]

a) Menara Mandiri

Menara mandiri mempunyai struktur rangka baja yang berdiri kokoh, yang mampu menopang perangkat telekomunikasi, dapat di dirikan di atas tanah atau di atas bangunan, mempunyai kaki 4 (*rectangular tower*) dan kaki 3 (*triangle tower*)



Gambar 2. 4 Menara Mandiri (*Self Supporting Tower*)

b) Menara Tunggal (*monopole tower*)

Menara Tunggal terdiri dari satu rangka tiang yang didirikan langsung di atas tanah, dan tidak dapat didirikan di atas bangunan. Menara ini mempunyai penampang lingkaran (*circular pole*) dan menara berpenampang persegi (*tapered pole*)



Gambar 2. 5 Menara Tunggal (*Monopole Tower*)

c) Menara Tegang (*guyed tower*)

Menara yang memiliki penampang lebih kecil daripada menara mandiri, berdiri dengan cara di topang kabel yang di kaitkan pada tanah / bangunan. Mempunyai kaki yang sama dengan menara mandiri, yaitu kaki 4 dan kaki 3. Menara ini lebih lemah strukturnya di banding dengan menara mandiri. Di lihat dari segi umur, menara ini lebih pendek umurnya di banding menara mandiri. Menara ini cocok di gunakan di daerah perkotaan yang sangat padat, karena tidak memakan tempat terlalu banyak seperti menara mandiri.



Gambar 2. 6 Menara Tegang (*Guyed Tower*)

- b. Tempat Berdirinya menara di bedakan menjadi :
 - a) Menara yang di bangun di atas tanah (*green field*)
 - b) Menara yang di bangun di atas bangunan (*roof top*)
- [10]

2.2 Simulated Annealing[18]

Metode simulated annealing adalah sebuah ide untuk mensimulasikan proses annealing yang diobservasi secara alamiah. Dengan sistem annealing, keadaan-keadaan alamiah di bangkitkan untuk mendapatkan konfigurasi optimal. Dengan proses simulated annealing, dapat di temukan solusi optimal dari problem kombinatorial yang kompleks.

Pertama diberikan state temperatur yang tinggi, pada saat konfigurasi sistem diinisialisasi. Kemudian sistem menurun sampai pada *state equilibrium*. Sistem dapat menginvestigasi area yang luas dari konfigurasi yang di realisasikan dengan temperatur yang tinggi.

Setelah berada pada *state equilibrium*, maka temperatur turun secara perlahan dan simulasi dimulai dalam keadaan yang berbeda pada sistem. Kemudian konfigurasi direalisasikan dengan mengatur distribusi untuk temperatur yang baru. Ulangi proses pada state temperatur yang rendah, konfigurasi dengan energi yang rendah dapat direalisasikan dengan kemungkinan eksponensial yang tinggi. Dengan demikian jika sistem di annealing secara cukup perlahan, state dengan energi yang cukup rendah dapat diperoleh dengan probabilitas = 1.

Simulated annealing merupakan salah satu metode pencarian acak yang sangat baik. Metode ini dikembangkan dengan analogi dari prinsip-prinsip kristalisasi logam dengan proses pendinginan dan pembekuan, sehingga diperoleh energi yang minimum

Algoritma dari simulated annealing ini didasarkan pada algoritma Metropolis yang di gunakan untuk mendapatkan konfigurasi *equilibrium* dari koleksi atom pada temperatur yang di berikan. Hubungan antara algoritma ini dan minimalisasi secara matematik pertama kali di tulis oleh Pincus, tetapi Kirkpatrick mengembangkan sebagai teknik optimalisasi untuk permasalahan-permasalahan kombinatorial.

Kelebihan simulated annealing dibandingkan dengan metode yang lain adalah kemampuannya untuk menghindari jebakan optimal lokal. Algoritma ini merupakan algoritma pencarian acak tetapi tidak hanya menerima nilai obyektif yang selalu turun, terkadang juga menerima nilai obyektif yang selalu turun, terkadang juga menerima nilai obyektif yang naik. Dalam algoritma simulated annealing ini, suatu state (kombinasi dari satu solusi) dapat di terima dengan kemungkinan :

$$p = \exp \left(-\frac{\Delta E}{KT} \right) \quad (2.5)$$

dengan :

p = probabilitas

ΔE = selisih energi saat ini dan energi sebelumnya

K = konstanta Boltzmann

T = temperatur [11][18]

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam implementasi dari algoritma simulated annealing, yaitu :

- a. **State** : State di definisikan sebagai kombinasi nilai dari suatu solusi (penyelesaian) yang mungkin. Misalkan untuk masalah optimasi fungsi non linier dengan N variable bebas $f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ maka state di definisikan: $S = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$. Contoh lain untuk permasalahan TSP (*Travelling Salesman Problem*) untuk 5 kota (kota 1 2 3 4 5) maka state di definisikan sebagai urutan nomor kota yang di lalui misalkan : 3-5-2-4-1.
- b. **Energi** : Energi didefinisikan sebagai seberapa besar fungsi tujuan minimal (karena simulated annealing selalu meminimalkan energi) dari suatu kombinasi solusi (state). Misalkan untuk mencari nilai minimal fungsi $f(x)$ maka energi di definisikan sebagai fungsi $f(x)$ atau $E=f(x)$, untuk mencari nilai maksimal $f(x)$ maka energi di definisikan sebagai inversi dari $f(x)$.
- c. **Temperatur** : Temperatur adalah suatu nilai kontrol yang membuat suatu state acak akan bisa bergerak naik atau tidak. Seperti halnya analogi pada kejadian thermal, ion-ion akan bergerak bebas pada temperatur yang tinggi, dan semakin terbatas gerakannya ketika temperaturnya turun. Dalam Simulated Annealing , proses penurunan temperatur perlu diperhatikan, dimana untuk iterasi awal temperatur perlu tinggi agar proses pencarian acak mempunyai range yang lebar, tetapi semakin bertambahnya iterasi maka temperatur terus turun tetapi tidak boleh sampai nol, hal ini di sebabkan pada iterasi yang besar di harapkan sudah mendekati nilai optimal jadi tidak perlu lagi mengalami perubahan nilai yang besar.

- d. **Proses Update State** : Berbeda dengan metode pencarian acak (random walk) yang hanya menerima state dengan Energi yang lebih kecil, pada simulated annealing ini state akan di terima dengan probabilitas sesuai persamaan 2.5

Algoritma Dari Simulated Annealing :

- (1) Bangkitkan state awal S_0
- (2) Hitung Energi E_0 pada S_0
- (3) Update State S dengan aturan update sesuai dengan permasalahan menjadi S_i
- (4) Hitung Energi E_i
- (5) Bangkitkan bilangan acak berdistribusi uniform $p=[0,1]$
- (6) Bila $p < \exp(-\Delta E/T)$ maka state di terima, dan bila tidak state di tolak
- (7) Turunkan T dengan fungsi cooling schedule tertentu
- (8) Ulangi langkah 3 sampai mencapai kriteria stop. [11]

Di bawah di jelaskan berbagai macam *cooling schedule* pada simulated annealing yang di gunakan untuk menurunkan temperatur untuk setiap iterasinya. Semua model *cooling schedule* mempunyai syarat bahwa nilai T tidak boleh sama dengan nol meski harus kecil. Macam-macam *cooling schedule* yang bisa digunakan yaitu : [11][18]

- a. **Geometri** : dalam strategi pendinginan linear, suhu T diubah dengan cara sebagai berikut

$$T = \alpha T$$

Dimana α adalah sebuah konstanta. Umumnya nilai α berada pada rentang 0.5 sampai dengan 0.99.

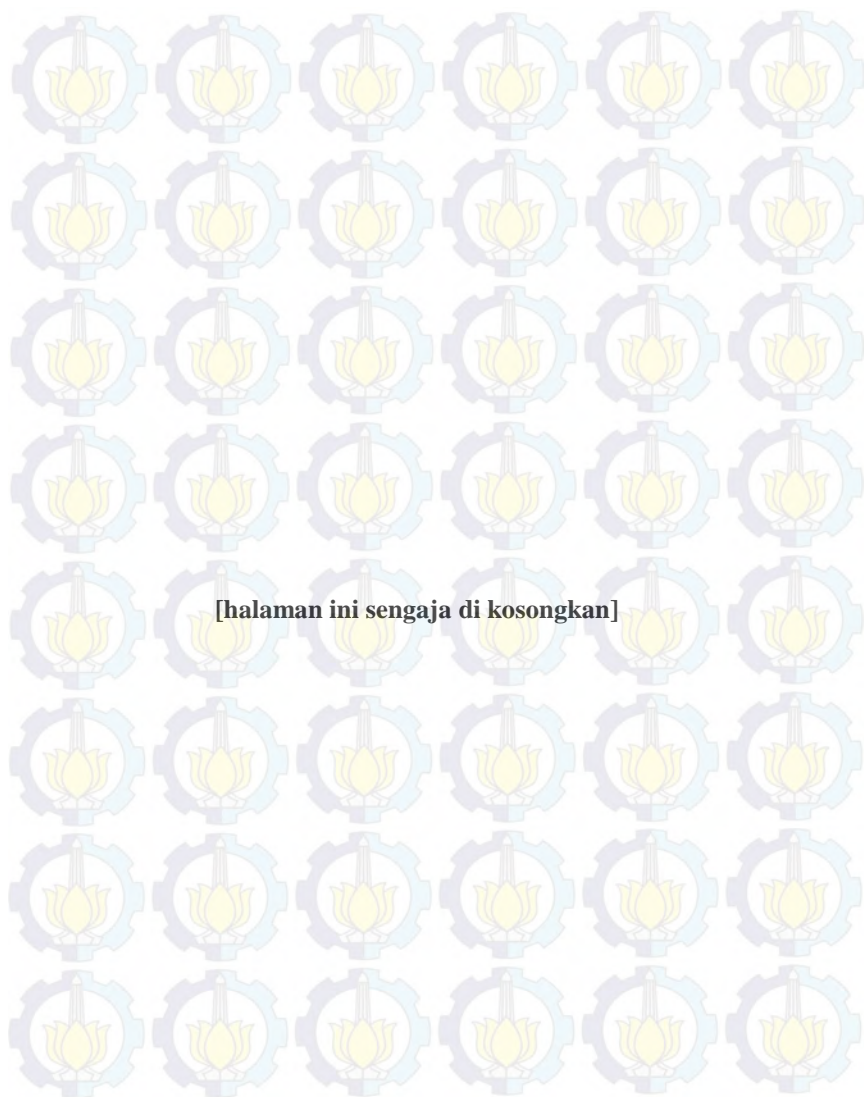
- b. **Linear** : dalam strategi pendinginan linear, suhu di ubah dengan cara

$$T_i = T_0 - i\beta$$

Dimana β adalah nilai konstan dan i adalah iterasi.

- c. **Adaptif** : pada strategi pendinginan adaptif, perubahan nilai T di dasarkan pada karakteristik selama proses pencarian.[18]

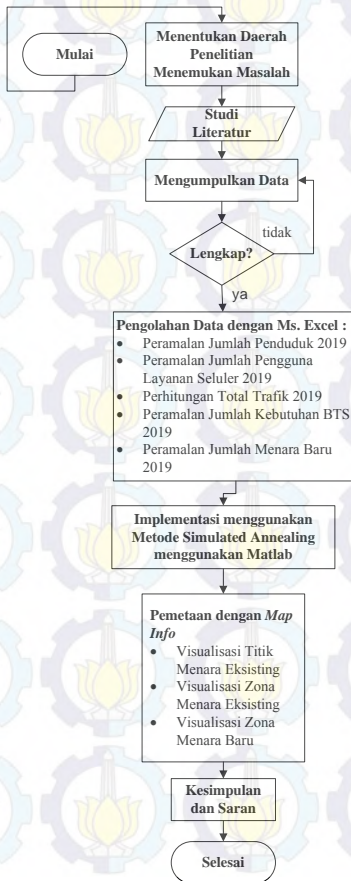
Pada tugas akhir ini di gunakan *colling schedule* geometri. Di gunakan geometri karena dalam pengoprasian pada *Matlab* mudah di gunakan dalam *coding*. Kemudian pada tugas akhir ini metode *Simulated Annealing* akan di gunakan untuk mengoptimasi penempatan menara telekomunikasi bersama di Kabupaten Bangkalan.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

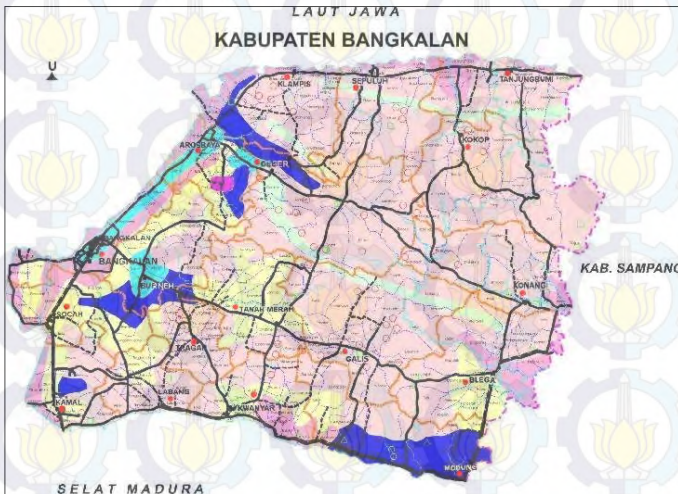
Pada Bab III ini di jelaskan metode-metode yang di gunakan dalam penyelesaian dan penulisan tugas akhir ini. Langkah-langkah dalam penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan Tugas Akhir

3.1 Menentukan Daerah Penelitian

Daerah penelitian pada tugas akhir ini akan di implementasikan pada Kabupaten Bangkalan pulau Madura. Dimana Kabupaten Bangkalan terletak pada sebelah utara ibukota Jawa Timur Surabaya. Kabupaten Bangkalan mempunyai koordinat antara $112^{\circ}40'06''$ - $113^{\circ}08'04''$ Bujur Timur dan $6^{\circ}51'39''$ - $7^{\circ}11'39''$ Lintang Selatan. Bangkalan berbatasan dengan Laut Jawa di sebelah utara, Selat Madura di sebelah selatan, Laut Jawa di sebelah barat, dan Kabupaten Sampang sebelah timur. Kabupaten Bangkalan mempunyai luas 1.260,24 km² dibagi menjadi 18 Kecamatan dan 281 Desa / Kelurahan. Peta kabupaten bangkalan dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



Gambar 3.2 Peta Kabupaten Bangkalan [13]

3.2 Pengumpulan Data

Pada perancangan dan implementasi tugas akhir ini, dibutuhkan data-data penunjang yang di gunakan untuk penyelesaian masalah dan analisa. Data tersebut berupa Data Primer, yaitu data yang di dapatkan melalui *survey* lapangan yang di lakukan di Kabupaten Bangkalan. Serta Data Sekunder, yaitu data yang di peroleh dari Pemerintah Kabupaten Bangkalan, yaiut melalui Badan Koordinator Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL)

Jawa Timur serta Dinas Komunikasi dan Informatika (DINKOMINFO) Jawa Timur. Adapun data-data yang di butuhkan guna menyelesaikan penelitian sebagai berikut :

a) Data Menara Telekomunikasi Eksisting

Data pertama adalah data menara telekomunikasi eksisting. Data menara telekomunikasi eksisting adalah data menara-menara yang telah ada sebelumnya di Kabupaten Bangkalan. Data tersebut di dapat berdasarkan *survey* langsung menggunakan bantuan GPS (*Global Positioning System*) dan didapat dari PT. Dibya Cipta Primasol. Data tersebut berupa lokasi koordinat dari menara eksisting, tinggi menara, jumlah BTS.

Dari PT. Dibya Cipta Primasol penulis mendapatkan data persebaran titik menara eksisting pada tahun 2013 dengan total berjumlah 235 menara eksisting yang tersebar pada 18 kecamatan di kabupaten Bangkalan. Dengan paling sedikit kecamatan Konang memiliki 6 menara dan paling banyak ada pada kecamatan Bangkalan dengan jumlah 30 menara. Persebaran menara di Kabupaten Bangkalan sebagian besar berada di jalan utama masing-masing kecamatan. Menara tersebut saling berdekatan dan tidak rapi. Untuk tabel data persebaran menara eksisting dapat di lihat pada lampiran D.

Sedangkan data yang di dapat dari *survey* langsung ke lapangan, yaitu penulis mendapat data pelayanan pada operator, berupa data BTS 2G dan 3G. Hasil dari survey menyebutkan bahwa BTS 2G pada Kabupaten Bangkalan berjumlah 312 , dan BTS 3G berjumlah 40, dengan total keseluruhan BTS yaitu 352 BTS.

b) Data Statistik Penduduk

Data kedua adalah data statistik penduduk di Kabupaten Bangkalan. Data statistik penduduk di gunakan untuk prediksi jumlah penduduk lima tahun kedepan yang nantinya akan digunakan untuk penentuan jumlah pengguna layanan seluler, perhitungan jumlah kebutuhan BTS dan kapasitas trafik yang bisa dilayani. Data ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangkalan Tahun 2012. Dengan total penduduk sebesar 1.200.270 jiwa, dan memiliki luas wilayah total 1.260,14 km². Kabupaten Bangkalan mempunyai kepadatan penduduk sebesar 729,29 jiwa/km². Data Statistik Penduduk Bangkalan tiap kecamatan dengan di sertai laju penduduk tiap kecamatan dapat di lihat dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Jumlah Kepadatan dan Laju Pertumbuhan Penduduk (LP)
Kabupaten Bangkalan tahun 2010 [13]

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk 2012 (Jiwa)	Luas Wilayah (Km ²)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)
1.	Kamal	52.274	41,40	1.262,66
2.	Labang	44.218	35,23	1.255,12
3.	Kwanyar	59.086	47,81	1.235,85
4.	Modung	59.321	78,79	752,90
5.	Blega	70.196	92,82	756,26
6.	Konang	59.528	81,09	734,10
7.	Galis	95.785	120,56	794,50
8.	Tanah Merah	88.310	68,56	1.288,07
9.	Tragah	41.506	39,58	1.048,66
10.	Socah	70.173	53,82	1.303,85
11.	Bangkalan	90.420	35,02	2.581,95
12.	Burneh	70.881	66,10	1.072,33
13.	Arosbaya	56.999	42,46	1.342,42
14.	Geger	88.857	123,31	720,60
15.	Kokop	75.286	125,75	598,70
16.	Tanjung Bumi	61.168	67,49	906,33
17.	Sepulu	51.232	73,25	699,41
18.	Klampis	65.030	67,10	969,15
Total		1.200.270	1.260,14	729,29

Tabel dibawah ini menunjukan tabel persebaran menara eksisting serta BTS di Kabupaten Bangkalan.

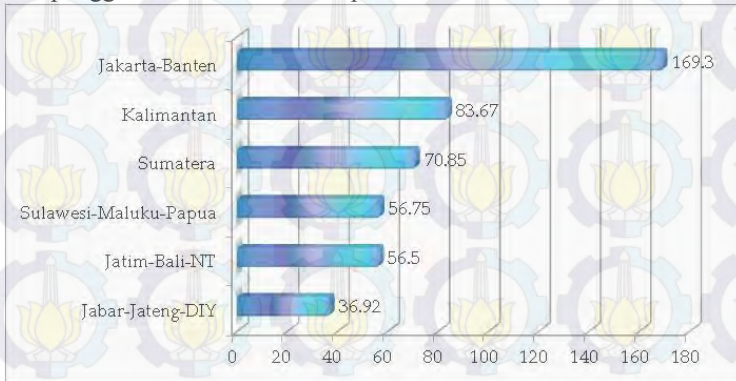
Tabel 3.2 Persebaran Menara Telekomunikasi Eksisting di Kabupated Bangkalan

No	Kecamatan	Jumlah Menara	Jumlah BTS 2G	Jumlah BTS 3G
1	Kamal	22	23	6
2	Labang	13	17	1
3	Kwanyar	10	15	0
4	Modung	10	13	0
5	Blega	12	19	2
6	Konang	6	10	0
7	Galis	16	17	2
8	Tanah Merah	15	20	2
9	Tragah	7	8	1
10	Socah	13	19	3
11	Bangkalan	30	33	12
12	Burneh	13	19	3
13	Arosbaya	11	14	2
14	Geger	16	24	0
15	Kokop	9	14	0
16	Tanjung Bumi	11	15	3
17	Sepulu	8	12	0
18	Klampis	13	20	3
Total		235	312	40

c) Data Pengguna Seluler

Data Pengguna Seluler dinyatakan dengan perbandingan antara jumlah sambungan telepon dengan jumlah penduduk di daerah tersebut, dinyatakan dalam teledensitas. Teledensitas berbanding lurus dengan kemudahan berkomunikasi dan mendapatkan informasi. Teledensitas adalah Tingkat kepadatan pemakaian telepon dibandingkan seratus penduduk.

Pada penelitian ini data pengguna seluler di dapat dari studi literatur pada indikator TIK Indonesia 2011. Dibawah ini merupakan data pengguna seluler di seluruh provinsi di Indonesia.



Gambar 3.3 Pengguna Telepon Bergerak Seluler Menurut Wilayah di Indonesia, tahun 2010 [14]

d) Peta Digital

Pada Penelitian ini, peta digital Kabupaten Bangkalan di dapat dari Badan Koordinator Survey dan Pemetaan Nasional (BAKOSURTANAL) Jawa Timur dengan data berbasis *Map Info*. Peta digital ini merepresentasikan keadaan suatu kota dalam bentuk digital, berupa jalan, sungai, hutan, kebun, morfologi area (*urban*, *sub urban*, *rural*), dsb.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data yang urut dan tepat harus dilakukan guna mendapatkan hasil yang diinginkan pada penelitian ini. Pengolahan data dilakukan beberapa tahap, yaitu :

- Pengolahan data menggunakan *Microsoft Office Excel*. Aplikasi ini di gunakan untuk mengolah prediksi jumlah penduduk, prediksi pengguna layanan seluler, prediksi kebutuhan BTS dan jumlah kebutuhan menara bersama serta prediksi kapasitas total trafik.
- Implementasi algoritma *Simulated Annealing* menggunakan data yang telah di olah dengan *Microsoft Office Excel* sebelumnya

- Pemetaan data yang di olah oleh *Microsoft Office Excel* dan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* ke dalam *Map Info*.

3.3.1 Pengolahan Data menggunakan Ms. Excel

3.3.1.1 Peramalan Jumlah penduduk

Prediksi jumlah penduduk dalam jangka beberapa tahun dapat di lakukan dengan menggunakan laju pertambahan penduduk yang ada. Perhitungan peramalan jumlah penduduk dapat di rumuskan sebagai berikut : [13]

$$P_t = P_o(1 + r)^t \quad (3.1)$$

dengan :

P_t = jumlah penduduk pada tahun t (jiwa)

P_o = jumlah Penduduk pada saat tahun perencanaan (jiwa)

r = laju pertambahan penduduk (%)

t = jumlah tahun prediksi

Sebagai contoh adalah pada kecamatan Kamal dengan laju pertambahan penduduk adalah 1,61% mempunyai jumlah penduduk pada tahun 2014 sebanyak 54840, kemudian akan di lakukan perhitungan untuk jumlah penduduk pada tahun 2019, sebagai berikut :

$$P_{2019} = P_{2014}(1+r)^t$$

$$P_{2019} = 53971 (1 + 1,61\%)^5$$

$$P_{2019} = 58458 \text{ jiwa}$$

Dengan menggunakan persamaan diatas, maka dapat di lakukan perhitungan jumlah penduduk untuk 5 tahun kedepan dari tahun 2014 sampai 2019 di kabupaten Bangkalan, yang nantinya bisadi gunakan sebagai parameter perencanaan menara telekomunikasi bersama untuk 5 tahun ke depan. Dari perhitungan jumlah penduduk, nantinya bisa di lakukan perhitungan estimasi jumlah pengguna seluler untuk tahun 2019. Di bawah ini adalah tabel pertambahan jumlah penduduk di kabupaten Bangkalan pada tahun 2014-2019.

Tabel 3. 3 Hasil Perhitungan Peramalan Jumlah Penduduk Pada Tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan

No	Kecamatan	2014	2019
1	Kamal	53971	58458
2	Labang	45089	47343
3	Kwanyar	60226	63173
4	Modung	59869	61258
5	Blega	70999	73046
6	Konang	62274	69704
7	Galis	98583	105941
8	Tanah Merah	89818	93701
9	Tragah	42753	46034
10	Socah	71953	76602
11	Bangkalan	94850	106896
12	Burneh	73586	80808
13	Arosbaya	58653	62999
14	Geger	92212	101162
15	Kokop	79391	90660
16	Tanjung Bumi	63303	68972
17	Sepulu	52376	55348
18	Klampis	66574	70596
TOTAL		1236480	1332701

3.3.1.2 Peramalan Jumlah Pengguna Layanan Seluler

Hal yang sangat krusial dalam menentukan trafik yang harus di sediakan *operator* jaringan seluler adalah kepadatan penduduk. Sehingga jaringan seluler yang akan di bangun, harus mengantisipasi besarnya pelanggan untuk beberapa tahun ke depan. Untuk mengantisipasi jumlah pengguna selama 5 tahun ke depan diperlukan peramalan jumlah pengguna dengan asumsi berapa persentase teledensitas seluler di Provinsi Jawa Timur. Perhitungan dari peramalan jumlah pengguna layanan seluler dapat dirumuskan sebagai berikut : [3][16]

$$P = (x\%) \times Pt \quad (3.2)$$

dengan :

P = pengguna layanan seluler (jiwa)

x% = teledensitas pengguna seluler (%)

Pt = penduduk pada tahun t (jiwa)

3.3.1.3 Peramalan Kapasitas Total Trafik

Peramalan kapasitas total trafik di butuhkan untuk mengantisipasi lonjakan trafik pada jam sibuk dan memastikan seberapa besar kapasitas TRx (*transceiver and Receiver*). Maka dari itu munculah konsep GOS (*Grade of Service*). Pada tugas akhir ini menggunakan asumsi GOS adalah 2% (dua panggilan gagal dari seratus panggilan yang terjadi). Di bawah ini merupakan rumus perhitungan total trafik : [9][3]

$$T = P \times A \quad (3.3)$$

dengan :

T = total trafik yang di bangkitkan (*Erlang*)

P = jumlah pelanggan seluler (jiwa)

A = Intensitas trafik yang di bangkitkan

Untuk A (intensitas trafik yang di bangkitkan) dapat di hitung dengan menggunakan rumus (2.1), pada tugas akhir ini untuk perhitungan nilai A pada Kabupaten Bangkalan, karena Kabupaten Bangkalan hanya di katagorikan pada katagori *suburban* dan *rural*. Rata-rata panggilan pada wilayah *suburban* adalah 60 menit dan rata-rata panggilan pada wilayah *rural* adalah 45 menit perhari. Dengan persamaan (2.1) di dapat nilai A yaitu :

Pada *suburban* : $A = 41,67 \text{ mErlang}$

Pada *rural* : $A = 31,25 \text{ mErlang}$

3.3.1.4 Peramalan Kebutuhan BTS

Pada penelitian ini, dalam menentukan peramalan kebutuhan BTS, memiliki konfigurasi sebagai berikut :

- Menggunakan 3 antena sektoral konfigurasi 3/3/3
1 sektor terdiri dari 3TRx
1 TRx = 8 timeslot
3 TRx = $3 \times 8 = 24$ timeslot

- Setiap sektor membutuhkan 1 kanal SDCCH (*Standalone Dedicated Control Channel*) dan 1 kanal BCCH (*Broadcast Control Channel*) yang di gunakan untuk mengatur panggilan pelanggan dan broadcast sinyal. Jadi 1 sektor terdiri dari 3TRx dapat melayani panggilan $24-2 = 22$ panggilan secara teoritis. Dalam prakteknya bisa saja kurang dari 22 panggilan karena berkenaan dengan faktor *interference, blocking, congestion*, dan lain sebagainya.
- Kapasitas 1 sektor yang terdiri dari 3 TRx dengan asumsi GOS 2 % = 14,90 Erlang (sesuai pada Tabel Erlang B).
- Kapasitas 1 BTS yang terdiri dari 3 antena sektoral yang didukung 3 TRx = $3 \times 14,90 = 44,7$ Erlang.

Dari konfigurasi diatas , kemudian kita bisa menentukan peramalan kebutuhan BTS untuk melayani sejumlah pelanggan dengan rumus di bawah ini : [3]

$$B = \frac{T}{E} \quad (3.4)$$

dengan :

B = Jumlah kebutuhan BTS (hasilnya di bulatkan keatas)

T = Total trafik yang di bangkitkan pelanggan (*Erlang*)

3.3.1.5 Peramalan kebutuhan Menara Bersama

Persebaran menara telekomunikasi eksisting di Kabupaten Bangkalan perlu di kendalikan, hal itu bertujuan untuk menjaga nilai estetika Kabupaten Bangkalan serta mengurangi apa yang di sebut "*hutan BTS*". Maka pada Kabupaten Bangkalan, untuk mengendalikan persebaran Menara telekomunikasi eksisting dengan cara menata menara telekomunikasi eksisting menjadi menara telekomunikasi bersama agar lebih efisien. Maka dari itu diperlukan perhitungan peramalan kebutuhan menara bersama, yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Mt = \frac{Bt - B_o}{3} + Mo \quad (3.5)$$

dengan :

Mt = jumlah menara pada tahun t

Mo= jumlah menara pada tahun perencanaan

B_t = jumlah kebutuhan BTS pada tahun t

B_o = jumlah kebutuhan BTS pada tahun perencanaan

3 = 1 menara bersama mampu memampung BTS sebanyak 3BTS

3.3.1.6 Menentukan Radius Sel

Coverage sebuah menara di pengaruhi oleh beberapa faktor, misalnya tinggi suatu menara, semakin tinggi suatu menara cakupannya semakin luas. Dan besarnya daya pancar dari sebuah antena suatu menara di tentukan oleh spesifikasi antena tersebut. Menggunakan rumus (2.4) dengan spesifikasi teknis di bawah ini, maka di dapat coverage menara.

Tabel 3. 4 Spesifikasi Teknis Perangkat 2G untuk *Sub Urban* dan *Rural*

2G		
Parameter	Sur Urban	Rural
EIRP	34 dBm (max)	
Margin	15 dB	30dB
Sensitivity Min.	-102 dBm	
Frekuensi (fc)	915 MHz	
hm	1,5 m	
Pathloss	121 dB	106 dB

Tabel 3.5 Spesifikasi Teknis Perangkat 3G untuk *Sub Urban* dan *Rural*

3G		
Parameter	Sur Urban	Rural
EIRP	24 dBm (max)	
Margin	15 dB	30 dB
Sensitivity Min.	-113 dBm	
Frekuensi (fc)	2080 MHz	
hm	1,5 m	
Pathloss	121 dB	107 dB

Dari parameter di atas spesifikasi perangkat 2G dan 3G, maka di dapat coverage menara pada daerah *suburban* untuk layanan 2G dan 3G, sebagai berikut :

Tabel 3. 6 Perhitungan *Coverage Area* Layanan 2G Untuk Area *Suburban*

hb (m)	A	B	C	Radius Coverage (m)
30	126.607	35.225	9.986	1331
42	124.587	34.268	9.986	1537
45	124.173	34.071	9.986	1585
50	123.541	33.772	9.986	1661
51	123.422	33.715	9.986	1676
*52	123.306	33.660	9.986	1691
62	122.250	33.160	9.986	1834
70	121.522	32.815	9.986	1943
72	121.352	32.734	9.986	1969

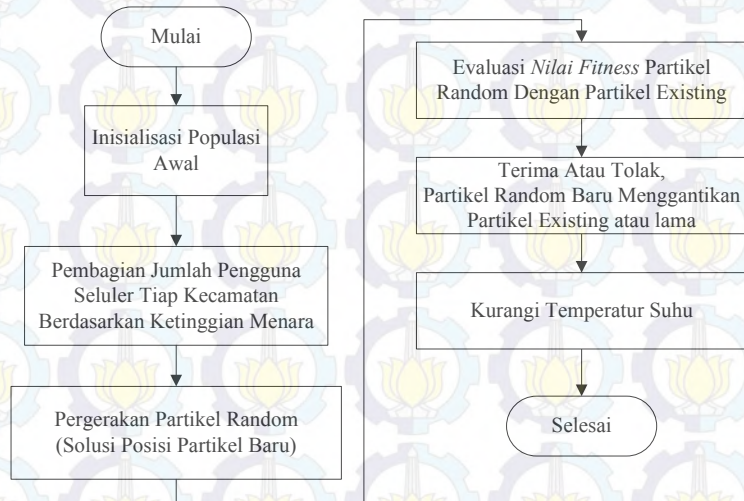
Tabel 3. 7 Perhitungan *Coverage Area* Layanan 3G Untuk Area *Suburban*

hb (m)	A	B	C	Radius Coverage (m)
42	133.917	34.268	12.401	1033
50	132.871	33.772	12.401	1110
51	132.752	33.715	12.401	1119
62	131.580	33.160	12.401	1216
70	130.851	32.815	12.401	1283

Kemudian, data selengkapnya mengenai coverage menara eksting layanan 2G dan 3G pada daerah *rural* di kabupaten Bangkalan, bisa dilihat pada Lampiran D.

3.3.2 Implementasi Algoritma *Simulated Annealing*

Pada implementasi algoritma *Simulated Annealing* penulis menggunakan bantuan software *Matlab* dalam hal optimasi penempatan menara bersama. Dalam perancangannya menggunakan alur sebagai berikut.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Algoritma *Simulated Annealing*

3.3.2.1 *Inisialisasi Populasi Awal*

Proses algoritma *Simulated Annealing* yang pertama yaitu inisialisasi populasi awal. Inisialisasinya yaitu berupa Jumlah menara eksisting dan Koordinat menara eksisting.

3.3.2.2 *Pembagian Jumlah Pengguna Seluler Tiap Kecamatan Berdasar Ketinggian Menara*

Pada tahap ini, diberikan persentase penilaian / pembobotan tinggi menara terhadap pengguna seluler, diasumsikan bahwa semakin tinggi sebuah menara maka pengguna seluler semakin sedikit, dan sebaliknya, semakin pendek tinggi sebuah menara maka di asumsikan bahwa pengguna selulernya semakin banyak. Pemberian nilainya sebagai berikut :

- Persentase nilai ketinggian menara berbanding pengguna Seluler

1. Ketinggian 25 m – 39 m = 40% pengguna seluler
2. Ketinggian 40 m – 54 m = 30% pengguna seluler
3. Ketinggian 55 m – 69 m = 20% pengguna seluler
4. Ketinggian 70 m – 84 m = 10% pengguna seluler

3.3.2.3 *Evaluai Nilai Fitness Partikel Random Dengan Partikel Eksisting*

Setelah pemberian persentase nilai pada tahap sebelumnya, kemudian partikel *Simulated Annealing* akan bergerak secara random, dan kemudian menghasilkan partikel baru, dimana pada tugas akhir ini adalah posisi menara. Selanjutnya mengevaluasi nilai fitness partikel random dengan partikel eksisting. Evaluasi tersebut menentukan apakah partikel random (sebagai solusi baru) lebih baik dari partikel lama. Perolehan nilai fitness berasal dari 4 parameter, yaitu :

1. Batas wilayah
Nilai fitness di tentukan dari Batas wilayah masing-masing kecamatan. Jika solusi yang muncul keluar dari batas wilayah yang di berikan, maka tidak digunakan.
2. Pengguna seluler
Nilai fitness ini diberikan seperti apa yang telah di bahas pada sub bab 3.3.2.2, dimana pemilihan ketinggian menara sebagai acuan perhitungan dipilih yang terpendek yang ada di suatu kecamatan.
3. Titik potensial
Nilai fitness di tentukan dari titik potensial per kecamatan, yang sebelumnya telah di dapat dari Pemerintah Kabupaten Bangkalan.
4. Jarak antar partikel (menara)
Nilai Fitness yang di berikan dari perhitungan antara radius menara satu dengan yang lain yang terdekat. Jika radius bertabrakan sangat dalam atau jarak radius menara satu dengan menara lain yang terdekat sangat jauh, maka nilai fitness yang di berikan adalah nilai buruk, sedangkan jika radius menara yang saling bertabrakan tidak terlalu jauh maka nilai fitness yang di berikan adalah baik.

Pada metode *Simulated Annealing* ini , total nilai fitness adalah penjumlahan dari nilai fitness1, fitness2, fitness3, fitness4.

Total Nilai Fitness : Fitness1 + Fitness2 + Fitness3 + Fitness4.

Dalam evaluasi apakah partikel random baru diterima dan menggantikan partikel lama atau tidak, di tentukan dari dua tahap:

1. Jika nilai fitness baru lebih baik dari nilai fitness lama
2. Jika tidak di terima tahap pertama, maka di tentukan dengan menggunakan kemungkinan probabilitas (2.5), dengan menggunakan nilai random dan nilai dari $\exp^{(-E/KT)}$

$$\text{Random}(0,1) < \exp^{(-E/KT)}$$

Dengan :

T = Temperatur (suhu)

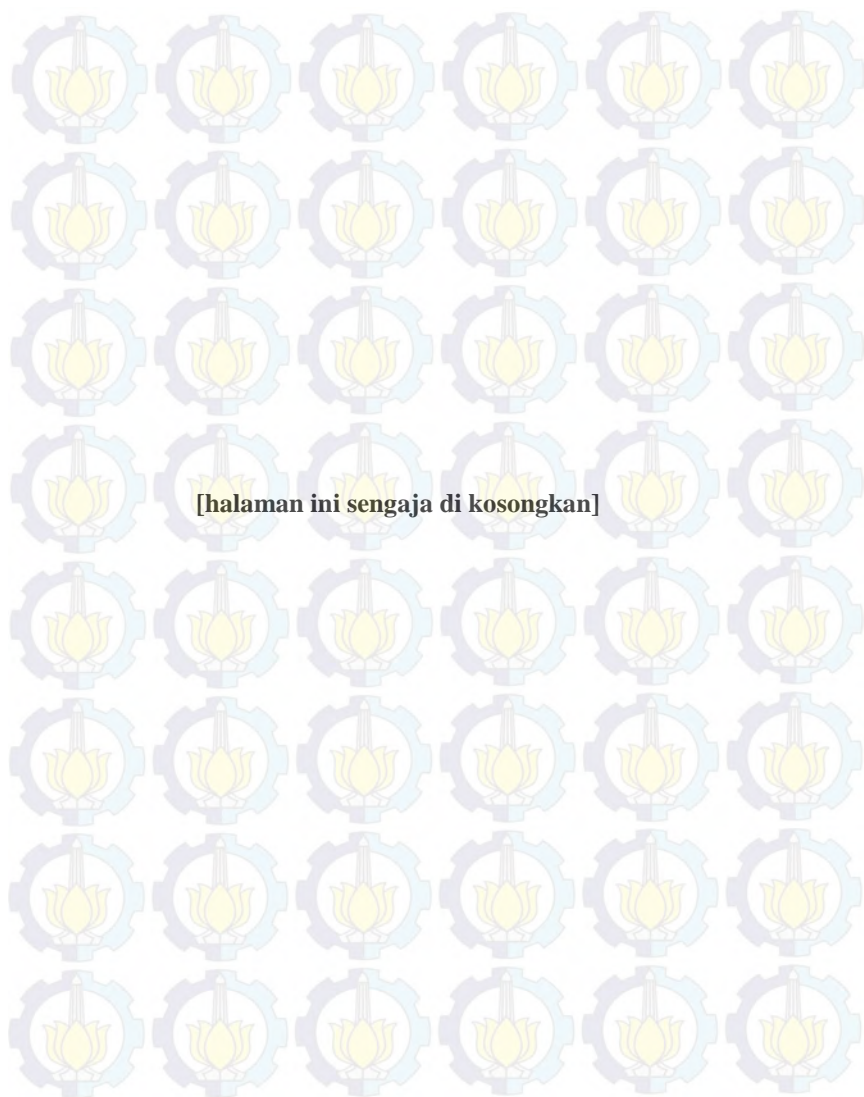
E = Energi

K = konstanta

Dengan demikian semakin tinggi suhu maka kemungkinan di terima solusi akan semakin kecil, sebaliknya jika semakin rendah suhu maka kemungkinan di terima akan semakin besar.

3.3.3 Pengolahan Peta Digital dengan *MapInfo* V.10

Analisa dari hasil penempatan menara bersama telekomunikasi dengan metode *Simulated Annealing* menggunakan perangkat lunak *MapInfo*. Perangkat lunak ini di gunakan untuk menampilkan persebaran menara eksisting dan menara baru di wilayah Kabupaten Bangkalan. Pemetaan digital sendiri merupakan pemetaan yang di buat dengan media digital yaitu komputer. Struktur data *MapInfo* di kelola dan di simpan dalam bentuk tabel. Setiap tabel menggambarkan satu jenis data yang, misalnya tinggi menara, posisi koordinat menara.



BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di analisa hasil dari metode perencanaan lokasi yang mempunyai potensi untuk di bangun menara baru dengan memperhatikan persebaran menara eksisting dan pertumbuhan BTS dan menara baru untuk lima tahun kedepan, supaya semua wilayah di kabupaten Bangkalan dapat terjangkau sinyal layanan jaringan seluler.

4.1 Data dan Lokasi Menara Telekomunikasi Eksisting

Kabupaten Bangkalan terdiri dari 18 kecamatan, memiliki luas wilayah 1.260,14 km², mempunyai jumlah menara telekomunikasi sebanyak 235 menara, dan mempunyai jumlah BTS sebanyak 352, dimana BTS 2G sebanyak 312 BTS dan BTS 3G sebanyak 40 BTS. Pada Kabupaten Bangkalan terdapat 9 operator yang melayani kebutuhan seluler, yaitu Telkomsel, XL, NTS, HCPT, Smartfren, Esia, STI, flexi, dan SAT-GSM. Persebaran menara eksisting pada setiap kecamatan serta pengelompokan data ke-semilan operator di Kabupaten Bangkalan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan 4.2 di bawah ini.

4.2 Visualisasi Titik Menara Eksisting

Dengan menggunakan data menara eksisting yang sudah ada sebelumnya, yang di dapat PT. Dibiayipta Primasol, berupa data *Ms. Excel* kemudian di plot ke dalam *MapInfo*. Dari software tersebut akan tampak visualisasi titik-titik menara eksisting yang ada di Kabupaten Bangkalan. Menara telekomunikasi eksisting di gambar kan dengan titik berwarna kuning. Titik tersebut berjumlah 235 seperti pada data yang di dapat sebelumnya. Pada gambar terlihat bahwa titik menara eksisting tersebut tersebar sebgaiian besar di jalan utama, dan titik tersebut tidak beraturan. Persebaran menara eksisting jika di lihat dari gambar terbanyak ada pada kecamatan Bangkalan. Hal itu di karenakan daerah tersebut merupakan pusat pemerintahan dan daerah tersebut tergolong daerah suburban. Sementara kecamatan lain termsuk daerah rural. Visualisasi titik-titik menara eksisting di tunjukan pada gambar 4.1 di bawah ini.



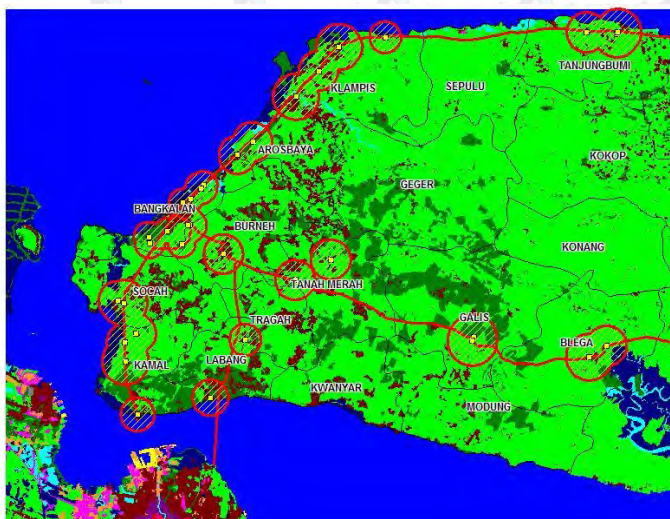
Gambar 4.1 Visualisasi Peta Persebaran Titik-Titik Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan

4.3 Visualisasi Cakupan Menara Eksisting

Dengan menggunakan peta visualisasi menara eksisting di Kabupaten Bangkalan, kemudian di gambarkan besarnya cakupan dari masing-masing menara tersebut. Dimana besar cakupan sudah di hitung sebelumnya pada bab 3, menggunakan persamaan 2.4.. Besarnya cakupan radius yang dapat dilayani oleh menara telekomunikasi di gambarkan oleh lingkaran berwarna merah. Besarnya cakupan radius suatu menara berdeda-beda, di tentukan oleh tinggi suatu menara. Cakupan radius menara di daerah *urban* lebih kecil daripada *suburban* atau *rural*. Itu di karenakan daerah *urban* menggunakan layanan 3G dimana daya pancar dari BTS 3G lebih kecil daripada BTS layanan 2G. Sedangkan *suburban* dan *rural* menggunakan layanan 2G. Dalam proses *plotting*, jika sebuah daerah memiliki layanan 2G dan 3G maka yang di visualisasikan di dalam *MapInfo* adalah layanan 2G, karena memiliki cakupan yang lebih luas. Sehingga seolah-olah visualisasi layanan 3G menghilang. Visualisasi cakupan dari menara eksisting, di gambarkan sebagai berikut, pada gambah 4.2 dan 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.2 Visualisasi Peta Persebaran Cakupan Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan



Gambar 4.3 Visualisasi Peta Persebaran Cakupan Menara 3G Eksisting di Kabupaten Bangkalan

4.4 Perencanaan Kebutuhan Menara Baru Telekomunikasi Bersama

4.4.1 Perhitungan Estimasi Jumlah Pengguna Layanan Seluler

Dengan menggunakan asumsi presentase jumlah pengguna seluler di kabupaten Bangkalan sebesar 56,5%, Maka jumlah user seluler dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Peramalan Pengguna seluler di Kabupaten Bangkalan

No.	Kecamatan	Teledensitas (%)	Jumlah Penduduk 2019 (Jiwa)	Pengguna Layanan Seluler 2019 (Jiwa)
1.	Kamal	56,5	58.458	33.029
2.	Labang	56,5	47.343	26.749
3.	Kwanyar	56,5	63.173	35.693
4.	Modung	56,5	61.258	34.611
5.	Blega	56,5	73.046	41.271
6.	Konang	56,5	69.704	39.383
7.	Galis	56,5	105.941	59.857
8.	Tanah Merah	56,5	93.701	52.941
9.	Tragah	56,5	46.034	26.009
10.	Socah	56,5	76.602	43.280
11.	Bangkalan	56,5	106.896	60.396
12.	Burneh	56,5	80.808	45.657
13.	Arosbaya	56,5	62.999	35.594
14.	Geger	56,5	101.162	57.157
15.	Kokop	56,5	90.660	51.223
16.	Tanjung Bumi	56,5	68.972	38.969
17.	Sepulu	56,5	55.348	31.272
18.	Klampus	56,5	70.596	39.887
Total			1.332.701	752.976

4.4.2 Perhitungan Kapasitas Total Trafik

Kabupaten Bangkalan termasuk ke dalam wilayah suburban dan rural,. Sehingga total trafik yang di bangkitkan dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 2 Perhitungan peramalan kapasitas total trafik pada tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan

No.	Kecamatan	Morfologi Area	Pengguna Layanan Seluler 2019 (Jiwa)	Kapasitas Trafik (Erlang)
1.	Kamal	<i>Rural</i>	33.029	1.032
2.	Labang	<i>Rural</i>	26.749	836
3.	Kwanyar	<i>Rural</i>	35.693	1.115
4.	Modung	<i>Rural</i>	34.611	1.082
5.	Blega	<i>Rural</i>	41.271	1.290
6.	Konang	<i>Rural</i>	39.383	1.231
7.	Galis	<i>Rural</i>	59.857	1.871
8.	Tanah Merah	<i>Rural</i>	52.941	1.654
9.	Tragah	<i>Rural</i>	26.009	813
10.	Socah	<i>Rural</i>	43.280	1.353
11.	Bangkalan	<i>Sub Urban</i>	60.396	2.517
12.	Burneh	<i>Rural</i>	45.657	1.427
13.	Arosbaya	<i>Rural</i>	35.594	1.112
14.	Geger	<i>Rural</i>	57.157	1.786
15.	Kokop	<i>Rural</i>	51.223	1.601
16.	Tanjung Bumi	<i>Rural</i>	38.969	1.218
17.	Sepulu	<i>Rural</i>	31.272	977
18.	Klampis	<i>Rural</i>	39.887	1.246
Total			752.976	24.160

4.4.3 Perhitungan Peramalan Kebutuhan Jumlah BTS

Jumlah kebutuhan BTS merupakan jumlah trafik yang di bangkitkan di bagi kapasitas 1 BTS (44,7 Erlang), sehingga jumlah kebutuhan BTS dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 3 Estimasi Kebutuhan BTS pada Tahun 2019 di Kabupaten Bangkalan

No.	Kecamatan	Kapasitas 1 BTS (Erlang)	BTS <i>existing</i> 2014	Kapasita s Trafik (Erlang)	Jumlah BTS 2019
1.	Kamal	44,7	29	1.032	23
2.	Labang	44,7	18	836	19
3.	Kwanyar	44,7	15	1.115	25
4.	Modung	44,7	13	1.082	24
5.	Blega	44,7	21	1.290	29
6.	Konang	44,7	10	1.231	28
7.	Galis	44,7	19	1.871	42
8.	Tanah Merah	44,7	22	1.654	37
9.	Tragah	44,7	9	813	18
10.	Socah	44,7	22	1.353	30
11.	Bangkalan	44,7	45	2.517	56
12.	Burneh	44,7	22	1.427	32
13.	Arosbaya	44,7	16	1.112	25
14.	Geger	44,7	24	1.786	40
15.	Kokop	44,7	14	1.601	36
16.	Tanjung Bumi	44,7	18	1.218	27
17.	Sepulu	44,7	12	977	22
18.	Klampis	44,7	23	1.246	28
Total			352	24.160	540

4.4.4 Perhitungan Peramalan Jumlah Menara Bersama

Untuk jumlah menara menara bersama, dengan asumsi 1 menara dapat menampung 3 BTS, maka jumlah kebutuhan menara dapat di lihat pada tabel berikut :

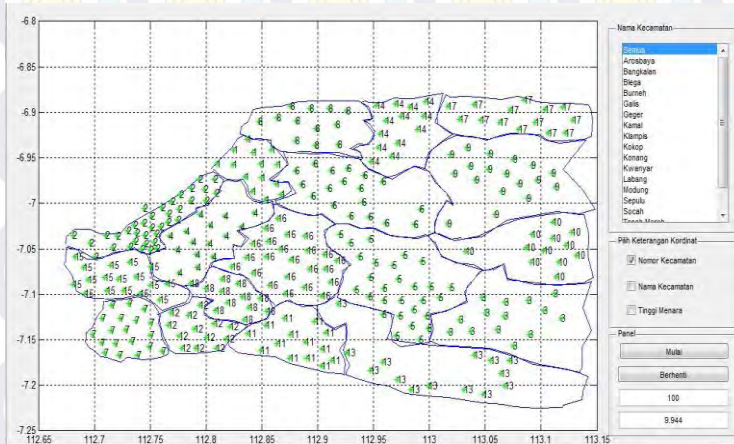
Tabel 4. 4 Estimasi Kebutuhan Menara Bersama pada tahun 2019

No.	Kecamatan	Jumlah Eksisting 2014		Jumlah Kebutuhan 2019	
		Jumlah BTS 2014	Jumlah Menara 2014	Jumlah BTS 2019	Jumlah Menara 2019
1.	Kamal	29	22	23	20
2.	Labang	18	13	19	14
3.	Kwanyar	15	10	25	14
4.	Modung	13	10	24	14
5.	Blega	21	12	29	15
6.	Konang	10	6	28	12
7.	Galis	19	16	42	24
8.	Tanah Merah	22	15	37	21
9.	Tragah	9	7	18	11
10.	Socah	22	13	30	16
11.	Bangkalan	45	30	56	34
12.	Burneh	22	13	32	17
13.	Arosbaya	16	11	25	14
14.	Geger	24	16	40	22
15.	Kokop	14	9	36	17
16.	Tanjung Bumi	18	11	27	15
17.	Sepulu	12	8	22	12
18.	Klampis	23	13	28	15
Total		352	235	540	307

4.5 Penentuan Lokasi Menara Bersama Optimal dengan Algoritma *Simulated Annealing*

4.4.1 Pencarian Lokasi Optimal

Pada Penelitian ini, algoritma *Simulated Annealing* digunakan dalam proses penentuan lokasi optimal menara bersama telekomunikasi di Kabupaten Bangkalan. Dengan lokasi awal yang di gunakan adalah lokasi menara eksisting dengan 235 titik lokasi yang kemudian akan di optimasi dengan pertambahan menara menjadi 307 menara bersama telekomunikasi sesuai perhitungan yang telah di dapat sebelumnya. Proses pencarian lokasi tersebut menggunakan *matlab* seperti gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Tampilan Proses Penentuan Menara Bersama Telekomunikasi

Dengan menjalankan program diatas, menggunakan $T=1000$ (semakin tinggi suhu / iterasi semakin baik hasil yang di hasilkan oleh program) , maka di dapat posisi baru untuk pengoptimalan posisi menara bersama, dengan memperhatikan keempat nilai fitness yang sudah di tulis pada sub bab 3.3.2. Dari keempat nilai fitness tersebut, maka di dapatkan lah koordinat baru hasil simulasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing*.

Di bawah ini penulis mencoba membandingkan antara posisi koordinat lamadengan membandingkan koordinat baru yang di dapat setelah menjalankan simulasi program menggunakan *Simulated Annealing*. Sebagai pembanding penulis membandingkan hasil koordinat optimasi yang di dapat dengan koordinat eksisting di kecamatan Arosbaya. Untuk posisi koordinat eksisting dapat dilihat pada tabel di bawah berikut :

Tabel 4.5 Posisi Koordinat Latitude dan Longitude Eksisting di Kecamatan Arosbaya

Site ID	Kecamatan	Posisi Latitude Sebelumnya	Posisi Longitude Sebelumnya
BGKL-011	Arosbaya	-6,98222	112,7955
BGKL-012	Arosbaya	-6,98142	112,7965
BGKL-013	Arosbaya	-6,97173	112,8076
BGKL-035	Arosbaya	-6,94771	112,8406
BGKL-036	Arosbaya	-6,94757	112,8396
BGKL-038	Arosbaya	-6,95119	112,8486
BGKL-039	Arosbaya	-6,98245	112,8475
BGKL-040	Arosbaya	-6,97818	112,8483
BGKL-041	Arosbaya	-6,96413	112,8144
BGKL-042	Arosbaya	-6,9632	112,816
BGKL-043	Arosbaya	-6,95581	112,8229

Kemudian di bawah ini akan di tampilkan hasil optimasi koordinat baru yang di dapat menggunakan algoritma

Simulated Annealing di kecamatan Arosbaya. Untuk perubahan titik koordinat pada Kecamatan Arosbaya bisa di lihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Posisi Koordinat Latitude dan Longitude Baru di Kecamatan Arosbaya

Site ID	Kecamatan	Posisi Latitude baru	Posisi Longitude baru
BGKL-011	Arosbaya	-6,983601956	112,8021128
BGKL-012	Arosbaya	-6,982271575	112,8143573
BGKL-013	Arosbaya	-6,970682305	112,8047005
BGKL-035	Arosbaya	-6,954742773	112,8418685
BGKL-036	Arosbaya	-6,951726825	112,826571
BGKL-038	Arosbaya	-6,961770244	112,8556449
BGKL-039	Arosbaya	-6,986462875	112,8566691
BGKL-040	Arosbaya	-6,97429344	112,8508265
BGKL-041	Arosbaya	-6,964698672	112,8353067
BGKL-042	Arosbaya	-6,972794779	112,8188295
BGKL-043	Arosbaya	-6,961420969	112,8190205

Dari data di atas, dapat di lihat perubahan koordinat *latitude* dan *longitude* pada kecamatan arosbaya. Ini menunjukkan bahwa titik hasil optimasi *Simulated Annealing* mengalami perubahan di setiap titiknya. Data selengkapnya ada pada Lampiran E. Kemudian dari masing-masing titik tersebut mempunyai coverage yang kemudian bisa mengcover semua area pada kabupaten bangkalan. Untuk lebih jelasnya akan di bahas pada subbab

berikutnya tentang coverage area dari hasil titik optimasi baru di Kabupaten Bangkalan pada MapInfo V.10.

Kemudian di bawah ini, penulis mencoba menampilkan penambahan dan pengurangan masing-masing menara di setiap kecamatan di Kabupaten Bangkalan. Hasil penambahan dan pengurangan menara menggunakan metode *Simulated Annealing* akan di bandingkan dengan jumlah penambahan dan pengurangan dengan menggunakan *Ms. Excel*. Hasil penambahan dan pengurangan menara dapat dilihat pada tabel di bawah berikut :

Tabel 4.7 Penambahan Menara Baru Bersama di Kecamatan Bangkalan Menggunakan Algoritma *Simulated Annealing*

Site ID	Kecamatan	Latitude(y)	Longitude(x)
BGKL-240	Bangkalan	-7,033329802	112,742925
BGKL-241	Bangkalan	-7,013802391	112,7634617
BGKL-242	Bangkalan	-7,037044116	112,7380056
BGKL-243	Bangkalan	-7,020979924	112,7641916

Dari data di atas, dapat di bandingkan dengan perhitungan manual pada *Ms. Excel* yang bisa di lihat pada tabel 4.4, maka diperoleh hasil yang sama antara hasil optimasi titik menara baru menggunakan algoritma *Simulated Annealing* dan menggunakan perhitungan manual *Ms. Excel*, sebagai *sample* yaitu di Kecamatan Bangkalan sejumlah 4 buah titik koordinat menara baru. Selanjutnya untuk 17 kecamatan yang lain, akan di perlakukan sama seperti kecamatan *sample*. Perlu di ketahui bahwa tidak semua kecamatan di Kabupaten Bangkalan mengalami pertambahan menara. Ada satu kecamatan yang mengalami pengurangan menara telekomunikasi bersama. Yaitu kecamatan Kamal, karena posisi titik koordinat yang telah di optimasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing* dan data perhitungan manual menunjukkan bahwa menara eksisting yang ada di kecamatan tersebut mengalami kelebihan menara setelah di hitung trafik yang dilayani. Untuk hasil lebih lengkap bisa di lihat pada Lampiran F.

Karena pada saat yang bersamaan, Kabupaten Bangkalan menjadi daerah penelitian untuk 2 metode yang berbeda, yaitu algoritma *Simulated Annealing* dan *Fuzzy Evolusi*, dibawah ini

penulis mencoba menunjukkan perbandingan antara algoritma *Simulated Annealing* dengan *Fuzzy Evolusi* menggunakan daerah penelitian yang sama yaitu Kabupaten Bangkalan. Sebagai sample penulis membandingkan hasil yang di peroleh untuk kecamatan Bangkalan menggunakan kedua metode tersebut, dimana untuk metode *Simulated Annealing* hasilnya telah di cantumkan di atas, dan di bawah ini akan di cantumkan hasil optimasi titik menara baru dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Evolusi*. Hasil dari optimasi dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 4.8 Penambahan Menara Baru Bersama di Kecamatan Bangkalan Menggunakan Algoritma *Fuzzy Evolusi*

Site ID	Kecamatan	Latitude (y)	Longitude (x)
TP_003	Bangkalan	-7,017512052	112,769928
TP_013	Bangkalan	-7,052109001	112,687813
TP_282	Bangkalan	-7,025525978	112,747892
TP_293	Bangkalan	-7,029628	112,750129

Dari hasil diatas dapat dianalisa bahwa hasil optimasi menggunakan algoritma *Simulated Annealing* dan *Fuzzy Evolusi* mempunyai perbedaan yang signifikan, walaupun kedua penulis menggunakan salah satu parameter yang sama, yaitu titik potensial RTRW yang di dapat dari Pemerintah Kabupaten Bangkalan. Titik potensial RTRW tersebut tersebar di pemukiman, pusat pemerintahan, kawasan industri, kawasan pariwisata, kawasan pusat kegiatan warga.

Perbedaan tersebut di sebabkan karena masing-masing penulis menggunakan parameter yang berbeda dalam menentukan nilai fitness dan penyelesaian masalahnya.

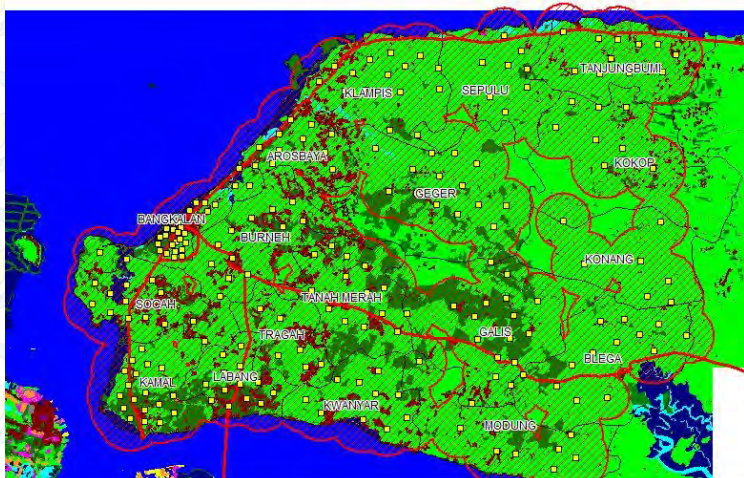
Untuk perbedaan Site ID dari masing-masing metode, itu di karenakan penulis dengan algoritma *Simulated Annealing* memodifikasi Site ID asli yaitu TP_ menjadi BGKL- . Untuk nomor yang tertera setelah Site ID BGKL-, merupakan lanjutan dari nomor dari menara eksisting.

Untuk kelebihan dan kekurangan dari masing-masing algoritma tidak di bahas disini, karena masing-masing algoritma pasti memiliki kekurangan dan kelebihan.

Penentuan lokasi menara bersama dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* menggunakan lokasi menara eksisting di tambah dengan titik potensial yang di dapat dari pemerintah Kabupaten Bangkalan. Titik-titik potensial adalah titik rekomendasi dari pemerintah Kabupaten Bangkalan untuk di bangunnya menara baru. Titik tersebut tersebar di pemukiman, pusat pemerintahan, kawasan industri, kawasan pariwisata, kawasan pusat kegiatan warga.

4.4.2 Visualisasi Koordinat Menara Baru

Setelah mendapat titik-titik koordinat baru dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing*, kemudian penulis melakukan visualisasi titik koordinat baru yang di peroleh menggunakan *MapInfo*. Hasil koordinat baru dapat di lihat pada gambar di bawah berikut :



Gambar 4.5 Visualisasi Perubahan Titik Koordinat Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan

Dari gambar di atas dapat di lihat *coverage* baru menara eksiting di Kabupaten Bangkalan. *Coverage* tersebut di gambarkan menggunakan lingkaran garis-garis berwarna merah, dan

kemudian titik-titik menara eksisting yang telah berubah posisi di gambarkan berwarna kuning. Untuk cakupan dari zona menara baru tersebut, di Kabupaten Bangkalan sendiri belum mempunyai regulasi khusus dalam pendirian menara telekomunikasi seluler, sehingga diasumsikan bahwa radius zona menara baru sebesar 500m. Hal ini mengacu pada peraturan-peraturan Kabupaten di Jawa Timur, yang memiliki cakupan radius sebesar 0,3-0,5 km. Sehingga saat perealisasinya titik tersebut bisa bergeser sejauh radius 500m dari koordinat awalnya. Hal tersebut di lakukan untuk mengantisipasi jika titik koordinat tersebut ada di tengah jalan raya, gunung, atau sungai,dll.

Selanjutnya penulis mencoba membandingkan *coverage* koordinat baru menara eksisting yang telah berubah koordinatnya dengan titik menara eksisting (data PT Dibyacipta Primasol). Visualisasi titik menara eksisting di gambarkan dengan titik berwarna biru. Visualisasinya dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 4.6 Visualisasi Perbandingan Coverage Perubahan Titik Koordinat Menara Baru Eksisting dengan Titik Menara Eksisting (Data PT. Dibyacipta Primasol)

Dari gambar di atas dapat dianalisa bahwa titik menara eksisting yang tersebar hanya pada jalan utama, pada saat di optimasi



BAB V

KESIMPULAN dan SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan jumlah kebutuhan menara bersama dan penempatan lokasi menggunakan metode *Simulated Annealing*, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

- a) Jumlah kebutuhan menara telekomunikasi bersama di Kabupaten Bangkalan sampai tahun 2019 sudah terpenuhi. Jumlah menara eksisting saat ini adalah 235 menara (Data PT. Dibyacipta Primasol), sedangkan jumlah kebutuhan menara bersama sampai tahun 2019 adalah 307 menara. Ini berarti dari segi jumlah sudah dapat memenuhi layanan telekomunikasi pelanggan seluler dengan tingkat kebutuhan trafik sebesar 24.160 Erlang pada tahun 2019 yang tersebar di seluruh kecamatan di Kabupaten Bangkalan.
- b) Dari Implementasi algoritma *Simulated Annealing*, dapat diperoleh titik koordinat baru hasil optimasi simulasi. Sehingga ini dikarenakan data keseluruhan titik koordinat menara eksisting di optimasi secara langsung.
- c) Penambahan jumlah menara sejumlah 74 menara baru baik di hitung menggunakan manual (Ms. Excel) maupun menggunakan *Algoritma Simulated Annealing*.
- d) Dari 18 Kecamatan yang ada di Kabupaten Bangkalan, 17 Kecamatan memerlukan penambahan menara baru. Sedangkan 1 kecamatan yang tidak perlu melakukan penambahan menara, yaitu Kamal yang memiliki nilai minus (dianggap 0) karena dengan menggunakan menara eksisting yang ada dinilai mampu mengantisipasi kebutuhan trafik tahun 2019.
- e) Pencarian titik menara baru menggunakan metode *Simulated Annealing* terbukti mencari lokasi terbaik, karena metode tersebut menggunakan inisialisasi random yang

kemudian menghasilkan solusi yang di *Simulated Annealing* lagi guna menghasilkan titik yang paling optimal.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan lebih lanjut tentang perkembangan penataan menara telekomunikasi seluler bersama di Kabupaten Bangkalan adalah :

- a) Menggunakan metode optimasi yang lain, seperti misalnya *Tabu Search*, *PSO*, dan *Random Walk*.
- b) Hasil penelitian perencanaan kebutuhan dan lokasi optimal menara bersama bisa di jadikan referensi atau acuan bagi pemerintah Kabupaten Bangkalan untuk membuat regulasi tentang pembangunan menara baru bersama.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dhiva, “Konsep Dasar Teknologi Seluler” < <http://dhivacell.wordpress.com/materi-dasar/konsep-dasar-teknologi-selular/> > Mei, 2014
- [2] Daryani, Sri ., “ Sistem Komunikasi Bergerak”, PNJ, Jakarta. 2008.
- [3] Suwadi., “Diktat Trafik”. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Februari. 2012.
- [4] “CDMA” < <http://id.wikipedia.org/wiki/CDMA>> Mei, 2014
- [5] Bahari, Alwin. “Sejarah dan Perkembangan Teknologi GSM dan CDMA” < <http://kongalwin.blogspot.com/2011/11/sejarah-dan-perkembangan-telekomunikasi.html> > Mei 2014
- [6] Gupt, V.K., “*Grade of Service in End-To-End Service Quality of Service Broadband Network*”. 2012.
- [7] Molish, Andreas F., “*Wireless Communication, Second Edition*”, John Wiley and Sons, Ltd, 2011.
- [8] Muthmainnah, Christine, Lucyana Angel., “Macrocells”, Sistem Komunikasi Gelombang Mikro, ITS, Surabaya
- [9] Tacoli, Cecilia., “*Rural-urban Interaction : A Guide to Literature*”. 1998.
- [10] Direktur Jendral Penataan Ruang Kementrian Pekerjaan Umum “Pentunjuk Teknis Kriteria Menara Telekomunikasi”. SuratEdaranNomor 06/SE/Dr/2011. Jakarta. September. 2011.
- [11] L, Ingberg., “*Simulated Annealing: Practice versus Theory, Mathl. Comput. Modelling*”, Vol.18 No.11, 1993, Pp. 29-57.
- [12] Brian T, Luke., Ph.D, “Simulated Annealing Cooling Schedults”, < <http://members.aol.com/btluke/btluke.htm> > Desember 2014.
- [13] Badan Pusat Statistik Kabupaten Bangkalan. “Hasil Sensus Penduduk 2010 Kabupaten Bangkalan”. BPS. Bangkalan. 2010.
- [14] Dinas Komunikasi dan Informatika Jawa Timur, Surabaya. 2014
- [15] Badan Koordinator Survey dan Pemetaan Nasioanal Provinsi Jawa Timur, Surabaya. 2014
- [16] Kementerian Komunikasi dan InformatikaRepublik Indonesia. “Indikator TIK 2011”. Kementerian Kominfo. Jakarta. 2011.

- [17] Santosa, Budi., Willy, Paul., "Metoda Metaheuristik, Konsep dan Implementasi, Guna Widya, Surabaya, 2011.
- [18] Purnomo, Hindriyanto Dwi., Ph.D, "Cara Mudah Belajar Metode Optimasi Metaheuristik Menggunakan Matlab, Gaya Media, Yogyakarta, 2013.
- [19] Arisetyani, Destya., "Optimasi *Single Frequency Network* pada Layanan TV Digital DVB-T dengan Menggunakan Metode *Simulated Annealing*", Jurnal Teknik ITS Vol. 1, ISSN : 2301-9271, September, 2012.
- [20] Suwarjono, Wendi., "Penjadwalan Produksi pada Unit Produksi PT. X dengan Menggunakan Algoritma Simulated Annealing untuk Meminimasi Waktu Makespan", Jurnal Teknik Industri FT. USU Vol.1, No.3 pp 8-10, April, 2013.
- [21] Singh, Hemant Kumar., Isaacs, Amitay., Ray, Tapabrata., Smith, Warren., "*A Simulated Annealing Algorithm for Constrained Multi-objective Optimization*", IEEE, 978-1-4244-1223-7/08/, 2008
- [22] Hadiani, Rieske., Novianingsih, Khusnul., Uttunggadewa, Saladin., Sidarti, Kunjtoro A., Sumarti, Novriana., Soewono, Edi., "*Optimization Model for an Airline Crew Rostering Problem: Case of Garuda Indonesia*", *J. Math. Fund. Sci.*, Vol. 45, No. 3, 218-234, ITB, 2013
- [23] Pemerintah Kota Surabaya, "Peraturan Daerah Kota Surabaya Nomor 5 Tahun 2013 tentang Penyelenggara Menara Telekomunikasi Bersama", Surabaya, 2013
- [24] Peraturan Bersama Menteri Dalam Negeri Nomor 18 Tahun 2009, Menteri Pekerjaan Umum No. 07/PRT/M/2009, Menteri Kominfo No. 19/PER/M.KOMINFO/3/2009 dan Kepala BKPM No.3/P/2009 tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi.
- [25] Peraturan Menteri Kominfo Nomor 2/PER/M.KOMINFO/3/2008, tentang Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi.
- [26] PT. DIBYACIPTA PRIMASOL. Magelang. September. 2014.

LAMPIRAN A PROPOSAL TUGAS AKHIR

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri - ITS

TE 141599 TUGAS AKHIR – 4 SKS

Nama Mahasiswa : Angga Dwian Prakoso
Nomor Pokok : 2212 106 018
Bidang Studi : Telekomunikasi Multimedia
Tugas Diberikan : Semester Gasal 2014/ 2015
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
Judul Tugas Akhir : **Optimasi Penempatan Lokasi Menara Telekomunikasi Seluler Baru Bersama di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan Metode *Simulated Annealing* (*Optimization The Placement of New Joint Cellular Telecommunication Towers Location in Bangkalan Using Simulated Annealing Method*)**

26 SEP 2014

Uraian Tugas Akhir :

Penempatan posisi *Base Transmitter System* yang baik dan seminimal mungkin diharapkan dapat mengurangi *Blank Spot Area* dimana para pelanggan seluler melakukan telekomunikasi dan dapat memenuhi kapasitas trafik dan *coverage area* yang di butuhkan, sehingga dapat meningkatkan kualitas kerja dari suatu sistem seluler tersebut.

Metode *Simulated Annealing* adalah sebuah ide untuk mensimulasikan proses *annealing* yang di observasi secara alamiah. Dengan menggunakan *annealing*, keadaan-keadaan alamiah dibangkitkan untuk mendapatkan konfigurasi optimal.

Tugas akhir ini bertujuan untuk menerapkan metode *Simulated Annealing* dalam melaksanakan penempatan menara telekomunikasi dengan lokasi-lokasi yang di izinkan untuk di bangun menara telekomunikasi dengan tetap memperhatikan posisi menara telekomunikasi *existing* dan rencana tata ruang wilayah, khususnya di Kabupaten Bangkalan hingga 5 (lima) tahun kedepan.


Dosen Pembimbing,


Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT.
NIP. 196109031989031001

Mengetahui,
Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS
Ketua


Dr. Tri Arief Sardjono, ST., MT.
NIP. 197002121995121001

Menyetujui,
Bidang Studi Telekomunikasi Multimedia
Koordinator,


Dr. Ir. Endroyono, DEA
NIP. 196504041991021001

Gambar A. 1 Lembar Pengesahan Proposal Tugas Akhir

A. JUDUL TUGAS AKHIR

Optimasi Penempatan Lokasi Menara Telekomunikasi Seluler Baru Bersama di Kabupaten Bangkalan dengan Menggunakan *Simulated Annealing*
(*Optimization The Placement of New Joint Cellular Telecommunication Towers Location in Bangkalan Using Simulated Annealing Method*)

B. RUANG LINGKUP

- Propagasi dan Sistem Komunikasi Radio
- Map Info 10.0
- Matlab R2012a
- Metode *Simulated Annealing*
- Kabupaten Bangkalan
- Standar dan Regulasi mengenai Pedoman Pembangunan dan Penggunaan Menara Bersama Telekomunikasi

C. LATAR BELAKANG

Dewasa ini, seluler sudah menjadi kebutuhan yang primer bagi manusia. Oleh karena itu banyak bermunculan operator-operator seluler yang baru, yang kemudian mereka berlomba-lomba meningkatkan kualitas pelayanannya. Cara yang di tempuh untuk melakukan peningkatan kualitas pelayanan, yaitu menambah jumlah *Base Tranceiver Station* (BTS). Karena dengan cara ini sudah terbukti menjadi solusi yang tepat untuk memberikan *coverage area* suatu provider operator seluler. Dalam pembangunan BTS yang baru, tentu saja juga memperhatikan faktor-faktor tertentu, seperti pemukiman penduduk, PLN, *existing* BTS, jaringan PLN, sungai, jalan, dan lain sebagainya.

Karena faktor tersebut lah, hal yang perlu dilakukan adalah perencanaan pembangunan BTS bersama dengan memperhatikan nilai keindahan sebuah Kabupaten dan tata ruang wilayah yang telah di atur oleh Peraturan Menkominfo No.02/PER/M.KOMINFO/3/2008. Kemudian setelah mempertimbangkan aspek tersebut, menentukan *coverage area* untuk Kabupaten Bangkalan supaya dapat memenuhi kebutuhan dengan memperhatikan kapasitas trafik yang akan dilayani oleh setiap sel.

Salah satu cara yang bisa di gunakan untuk memperoleh lokasi menara telekomunikasi yang optimal dengan tetap memperhatikan lokasi *existing BTS* dan tata ruang wilayah Kabupaten Bangkalan adalah menggunakan metode *Simulated Annealing*. Metode *Simulated Annealing* adalah sebuah ide untuk mensimulasikan proses annealing yang di observasi secara alamiah. Dengan menggunakan annealing, keadaan-keadaan alamiah dibangkitkan untuk mendapatkan konfigurasi optimal. Dengan proses *Simulated Annealing* dapat ditemukan solusi optimal dari masalah kombinatorial yang kompleks.

D. RUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana memperoleh hasil maksimal dalam penempatan menara telekomunikasi bersama pada Kabupaten Bangkalan, dengan jumlah seminimal mungkin, tetapi dapat mencakup seluruh wilayah Kabupaten dan tentunya dapat menunjukkan unjuk kerja yang tinggi di lihat dari segi kapasitas trafik yang di sediakan?
2. Bagaimana cara menggunakan Metode *Simulated Annealing* sebagai pemecahan masalah dalam menentukan penempatan menara berasama telekomunikasi pada Kabupaten Bangkalan?
3. Variabel apa saja yang di butuhkan untuk menentukan lokasi menara baru bersama dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*?
4. Bagaimana menentukan kebutuhan menara bersama di Kabupaten Bangkalan hingga 5 (lima) tahun kedepan?

E. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Studi kasus dilakukan mencakup wilayah Kabupaten Bangkalan.
2. Optimalisasi menara bersama menggunakan standar GSM dan CDMA.
3. Optimalisasi dilakukan berdasar dari beberapa aspek, seperti luas wilayah Kabupaten Bangkalan, perkembangan jumlah penduduk, di iringi pertumbuhan jumlah pengguna seluler.
4. Penggunaan Metode *Simulated Annealing* serta Map Info 10.0 sebagai metode pemecahan masalah penempatan menara bersama.

5. Algoritma *Simulated Annealing* di tulis menggunakan software *Matlab*.
6. Mengamat perbandingan penempatan potensial menara baru dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* dan *Fuzzy Evolution* pada lokasi penelitian yang sama.

F. TUJUAN TUGAS AKHIR DAN MANFAAT

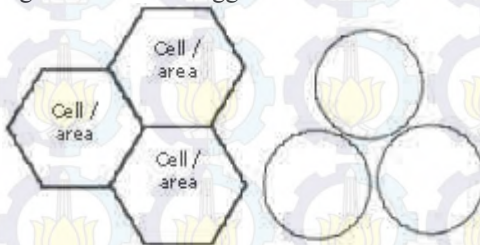
Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menerapkan Metode *Simulated Annealing* untuk penempatan lokasi BTS secara optimal, sehingga dapat memberikan masukan kepada *operator* jasa telekomunikasi dalam menentukan lokasi dibangunnya menara bersama.
2. Memperoleh solusi perencanaan kebutuhan menara bersama di Kabupaten Bangkalan hingga 5 (lima) tahun kedepan.
3. Mengendalikan pertumbuhan, penggunaan dan struktur menara bersama secara efektif dan efisien, serta mengatur persebaran lokasinya sehingga dapat melindungi estetika lingkungan dan tata ruang wilayah Kabupaten Bangkalan.
4. Membandingkan penempatan lokasi potensial menara baru bersama yang telah diperoleh menggunakan Metode *Simulated Annealing* dengan Metode *Fuzzy Evolution*.

G. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

1. Konsep Seluler

Pada sistem seluler, untuk menggambarkan cakupan area secara geografis digunakanlah penggambaran heksagonal. Area inilah yang disebut sel (Cell). Mengapa bentuknya heksagonal bukan lingkaran untuk menggambarkan sebuah sel?



Gambar 1. Perbandingan penggambaran heksagonal dan lingkaran

Dapat dilihat pada gambar diatas, jika kita menggambarkan sebuah sel dalam bentuk lingkaran, maka sel satu dengan yang lainnya tidak akan dapat saling berkesinambungan dengan sempurna. Pada sistem seluler, semua daerah dapat dicakup tanpa adanya gap sel satu dengan yang lain sehingga kurva heksagonal lebih mewakili, karena cakupan area dapat tergambarkan dengan rapih serta mencakup keseluruhan area.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar dibawah ini, dimana sebuah Antena akan dapat mengirim dan menerima sinyal pada tiga daerah yang berbeda, dimana setiap sel hanya tercakup sebagian saja dari ketiga sel yang tercakup.



Gambar 2. Perbandingan penggambaran heksagonal yang benar dan salah

GSM adalah sebuah sistem telekomunikasi terbuka dan berkembang secara pesat dan konstan. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya untuk internasional *roaming*. Ini memberikan sebuah sistem yang standar tanpa batasan hubungan pada lebih dari 159 negara. Dengan GSM satelit *roaming*, pelayanan juga dapat mencapai daerah-daerah yang terpencil. GSM merupakan sistem yang sangat modern karena disamping sarat akan teknologi ternyata sistem ini bekerja dengan mengaplikasikan sistem elektronika secara maksimal. Hal ini bisa diindikasikan dengan kemampuan sistem ini untuk membagi suatu kawassan dalam beberapa sel/wilayah yang kecil. Hal ini yang digunakan untuk memastikan bahwa frekuensi dapat meluas sehingga mencapai kesemua bagian pada kawasan tertentu sehingga beberapa pengguna dapat menggunakan telepon seluler mereka secara bersama tanpa adanya jeda pada saat berbicara

yang membuat suara menjadi terputus-putus. Pada sistem GSM, untuk menggambarkan cakupan area secara geografis digunakan penggambaran secara heksagonal bukan berupa penggambaran lingkaran dalam pemaparan konfigurasi selnya.

2. **GSM (*Global System for Mobile Telecommunication*)**

Jaringan di dalam *Global System for Mobile Telecommunication* (GSM) disusun dari beberapa entitas fungsional yang dibagi menjadi 3 (tiga) bagian yaitu:

a. ***Mobile Station (MS)***

Perangkat yang digunakan oleh pelanggan untuk dapat memperoleh layanan komunikasi bergerak. MS dilengkapi dengan sebuah *smartcard* yang dikenal dengan SIM (*Subscriber Identity Module*) *card* yang berisi nomor identitas pelanggan.

Dalam *Global System for Mobile telecommunication* (GSM) identitas panggilan tidak dihubungkan dengan ponselnya tetapi dengan kartu SIM sehingga bila kartu SIM dimasukkan ke terminal lain maka pengguna akan tetap menerima panggilan dan dapat melakukan pemanggilan dari terminal tersebut serta dapat menerima layanan pelanggan yang lainnya.

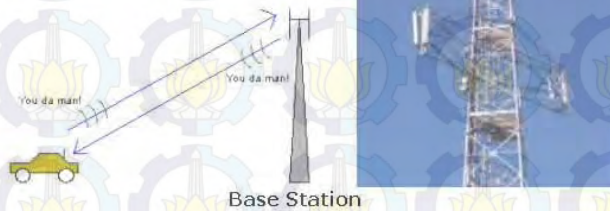
Mobile Equipment atau Ponsel secara unik dapat dikenali dengan *International Mobile Subscriber Identity* (IMEI) sedangkan kartu SIM memiliki *International Mobile Subscriber Identity* (IMSI) yang dapat mengidentifikasi pelanggan. Akan tetapi IMEI dengan IMSI tidak saling tergantung maka dapat digunakan dalam mobilitas pribadi. Dengan kata lain kita dapat memindahkan kartu SIM ke ponsel manapun juga.

b. ***Base Station Subsystem (BBS)***

Base Station Subsystem (BBS) merupakan peralatan yang mengendalikan hubungan antara radio dengan *mobile station*. *Base Station Subsystem* terdiri atas dua bagian yaitu : *Base Transceiver Station* (BTS) yang mengandung *transceiver radio* yang menangani sebuah cell atau daerah dan berhubungan dengan *mobile station* dan *Base Station Controller* (BSC) yang

cara kerjanya mengatur hubungan radio antara satu dan beberapa *Base Transceiver Station*.

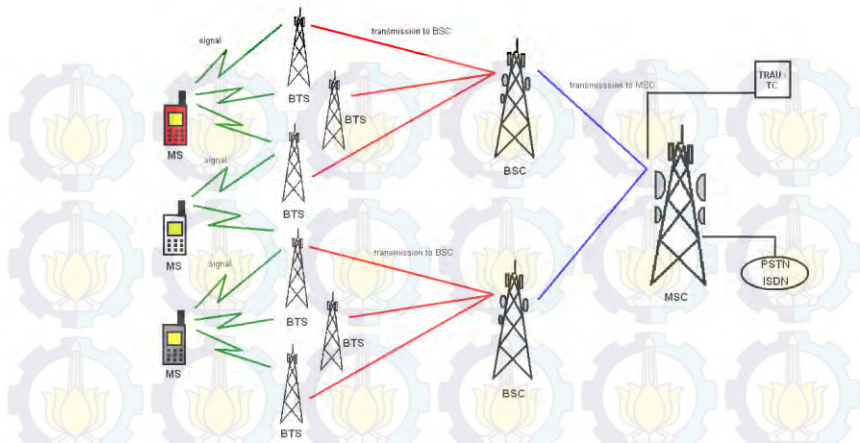
Selain itu juga *Base Transceiver Station* merupakan penghubung antara *Mobile station* dengan *Mobile Service Switching Center (MSC)*



Gambar 3. Arsitektur GSM *Base Station Subsystem*

c. ***Base Station Controller (BSC)***

Perangkat yang membawahi beberapa BTS dan mengatur trafik yang datang dan pergi dari BSC menuju MSC atau BTS. BSC sangat diperlukan untuk mengatur perpindahan *Out Station* dari satu BTS ke BTS lainnya. Perpindahan area ditentukan oleh beda kekuatan sinyal antara dua BTS *overlapping*.



Gambar 4. Arsitektur GSM *Base Station Subsystem*

d. ***Network Subsystem***

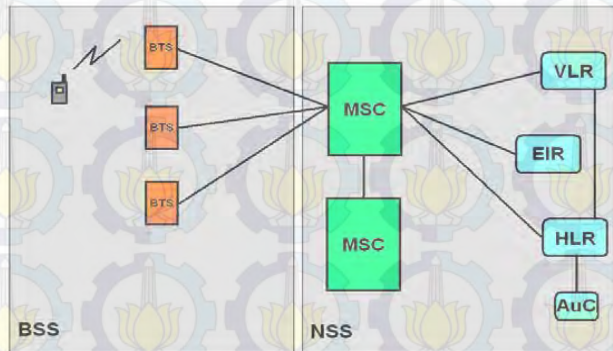
Network Subsystem yang merupakan bagian utamanya adalah *Mobile Service Switching Center* (MSC) kegunaannya untuk melakukan switching pengguna jaringan bergerak dengan pengguna jaringan bergerak atau tetap.

Mobile Service Switching Center (MSC) juga menyediakan hubungan dengan jaringan PSTN dan ISDN. Pensinyalan di antara entitas fungsional ini menggunakan Signaling Sistem Number 7 (SS7) yang digunakan untuk *Trunk Signaling* dalam ISDN dan digunakan secara luas di jaringan umum sekarang.

Informasi mengenai *Mobile Station* disimpan dalam dua *Location Register* yang merupakan sebuah basis data. Yang pertama adalah *Home Location Register* (HLR) yang berisi semua informasi administrasi dari semua pelanggan yang terdaftar di suatu jaringan GSM beserta lokasi dari mobile station. Lokasi dari suatu *Mobile Station* disimpan dalam bentuk *Mobile Station Roaming Number* (MSRN).

Sedangkan yang kedua adalah *Visitor Location Register* (VLR) berisi informasi administrasi terpilih dari *Home Location Register* (HLR) yang dibutuhkan untuk control panggilan dan izin bagi pengguna service berlangganan untuk setiap pengguna.

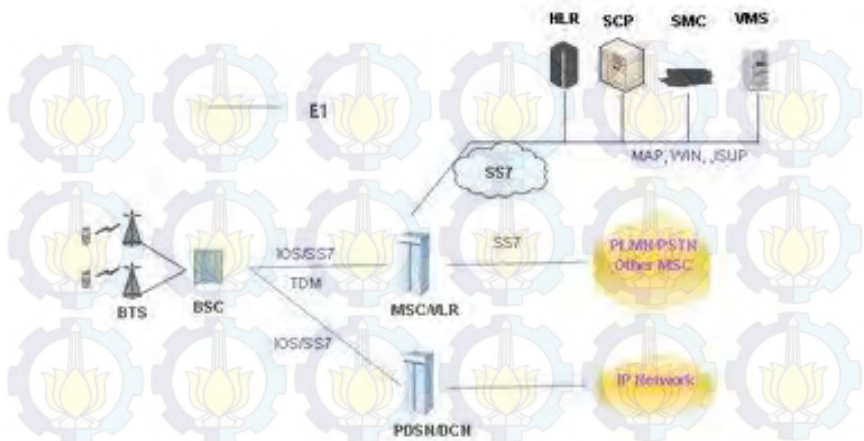
Register lain yang digunakan untuk autentikasi dan keamanan adalah *Equipment Identity Register* (EIR) yang merupakan basis data yang berisi daftar *Mobile Station* yang valid dalam jaringan GSM yang teridentifikasi lewat nomor IMEI. Sedangkan *Authentication Center* adalah basis data terproteksi yang menyimpan salinan PIN (*Personal Identity Number*) yang digunakan untuk autentifikasi.



Gambar 5. Arsitektur GSM Network Switching System

3. CDMA (*Code Division Multiple Access*)

CDMA (*Code Division Multiple Access*) adalah teknologi akses jamak dimana masing-masing user menggunakan code yang unik dalam mengakses kanal yang terdapat dalam sistem. Pada CDMA, sinyal informasi pada transmitter dicoding dan disebar dengan bandwidth sebesar 1.25 MHz (*spread spectrum*), kemudian pada sisi *repeater* dilakukan *decoding* sehingga didapatkan sinyal informasi yang dibutuhkan. Para pakar teknologi telepon seluler sepakat bahwa kecanggihan CDMA jauh melebihi GSM yang sekarang ini banyak dipergunakan oleh operator telepon seluler di Indonesia. CDMA tarifnya akan jauh berada dibawah GSM karena biaya. investasinya sangat murah.



Gambar 6. Arsitektur Jaringan CDMA

4. *Simulated Annealing*

Metode *Simulated Annealing* adalah sebuah ide untuk mensimulasikan proses annealing yang di observasi secara alamiah. Dengan menggunakan annealing, keadaan-keadaan alamiah dibangkitkan untuk mendapatkan konfigurasi optimal. Dengan proses *Simulated Annealing* dapat ditemukan solusi optimal dari masalah kombinatorial yang kompleks. Pertama diberikan *state* pada temperatur tinggi, pada saat konfigurasi sistem diinisialisasi. Kemudian sistem menurun sampai pada *state equilibrium*. Sistem dapat menginvestigasi area yang luas dari konfigurasi yang direalisasikan dengan temperatur yang tinggi.

Setelah berada pada *state equilibrium*, maka temperatur turun secara perlahan dan simulasi mulai dalam keadaan yang berbeda pada sistem. Kemudian konfigurasi direalisasikan dengan mengatur distribusi untuk temperatur yang baru. Ulangi proses pada *state* temperatur yang rendah, konfigurasi dengan energi yang rendah dapat direalisasikan dengan kemungkinan eksponensial yang tinggi. Dengan demikian jika sistem

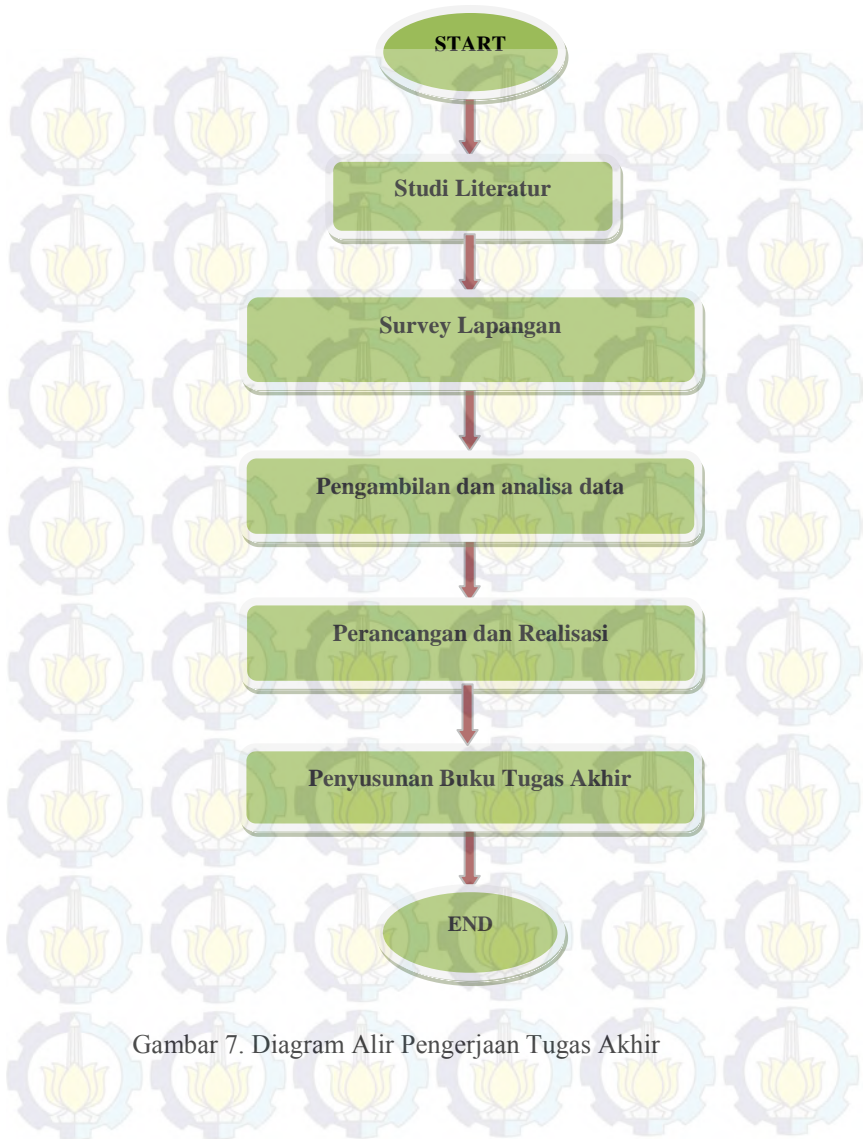
diannealing secara cukup perlahan *state* dengan energi yang cukup rendah dapat diperoleh dengan probabilitas = 1.

Simulated Annealing adalah merupakan salah satu metode pencarian acak yang sangat baik. Metode ini dikembangkan dengan analogi dari prinsip-prinsip kristalisasi pada logam dengan proses pendinginan dan pembekuan, sehingga diperoleh energi yang maksimal.

H. METODOLOGI

Dalam proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini dapat dilakukan dengan mengelompokkan dalam beberapa metodologi yaitu :

1. Studi Literatur
Untuk mencari dan mempelajari buku-buku atau sumber rujukan yang digunakan sebagai referensi yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi.
2. Survey Lapangan
Untuk pengambilan data secara langsung di lapangan, sehingga dapat diketahui fakta atau kondisi terkini di Kabupaten Bangkalan, sebagai daerah yang dijadikan studi kasus.
3. Pengambilan dan Analisa Data
Untuk menganalisa data menara dan BTS yang telah didapat dari survey lapangan yang berada di Kabupaten Bangkalan, sehingga dapat dilihat daerah mana saja yang termasuk *blank spot area* dan dapat didirikan menara telekomunikasi bersama.
4. Perancangan dan Realisasi
Proses untuk merancang kebutuhan menara dan BTS serta trafik 5 (lima) tahun kedepan, dengan mempertimbangkan pertumbuhan penduduk di Kabupaten Bangkalan. Dan kemudian dapat direalisasikan untuk perkembangan telekomunikasi di daerah tersebut.
5. Konsultasi
Meminta pendapat, saran dan kritik kepada pembimbing atau orang yang berkompeten dalam membantu pelaksanaan tugas akhir ini.



Gambar 7. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

I. JADWAL KEGIATAN

Kegiatan	Bulan															
	September				Oktober				Nopember				Desember			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi literatur																
Survey Lapangan																
Pengolahan Data																
Implementasi Desain																
Penyusunan Buku Tugas Akhir																

J. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H.R. Anderson and J.P McGeehan, "Optimizing Microsell Base Station Location Using Simulated Annealing Technique", *IEEE 44th vehicular Technology Conference*, vol. 2, pp. 858-862, 1994
- [2] <http://dhivacell.wordpress.com/materi-dasar/konsep-dasar-teknologi-selular/> diakses pada 12 Mei 2014 pukul 15.15
- [3] Saunders, Simon A and Aragon Zavala, Alejandro, "Antennas and Propagation for Wireless Communication System, 2nd edition", 2007
- [4] Wicaksono P, Adi, "Optimalisasi Posisi Base Station Wideband CDMA Menggunakan Metode Simulated Annealing," Tugas Akhir
- [5] Xuemin Huang, Ulrich Behr and Werner Wiesbeck, "Automatic Base Station Placement and Dimensioning for Mobile Network Planning," *IEEE Vehicular Technology Conf VTC2000 Fall*



LAMPIRAN B

LEMBAR MONITORING TA

Sepuluh Nopember

MONITORING KEGIATAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Angga Dwian R Nrp : 2212106018

Judul Tugas Akhir : Optimasi penempatan Lokasi Menara Telekomunikasi Seluler Baru Bersama di Kabupaten Bangolan dengan Menggunakan Metode Simulated Annealing

Bulan Proposal Disahkan : 23 Sept. 2014

Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto NIP : 19610903198903

Dosen Pembimbing 2 : _____ NIP : _____

No	Tanggal	Uraian Kegiatan	Tanda Tangan		Mahasiswa	Keterangan
			Pembimbing (1)	Pembimbing (2)		
1	Kamis 2-10-2014	Membahas penentuan Parameter u menara baru			<i>Amf</i>	
2	Kamis 9-10-2014	Membahas telekomunikasi. Sekeligus mengesetor d excel			<i>Amf</i>	
3	Kamis 16-10-2014	Membahas perhitungan jumlah menara baru yang dibutuhkan			<i>Amf</i>	
4	Kamis 21-10-2014	Membahas plotting menara eksisting pd Matlab			<i>Amf</i>	
5	Kamis 6-11-2014	Membahas penentuan nilai fitness pd program			<i>Amf</i>	
6	Kamis 13-11-2014	Membahas GUL untuk program pd Matlab			<i>Amf</i>	
7	Kamis 20-11-2014	Membahas Lanjutan program optimasi			<i>Amf</i>	
8	Kamis 27-11-2014	Membahas titik yang dihasil kan dr proses optimasi			<i>Amf</i>	
9	Kamis 4-12-2014	Membahas hasil optimasi pd Matlab			<i>Amf</i>	
10	Kamis 11-12-2014	Membahas plotting Map Info dan koreksi hasil			<i>Amf</i>	
11	Jumat 12-12-2014	Membahas buku bab I & Bab II			<i>Amf</i>	
12	Senin 15-12-2014	Membahas penulisan buku Bab III			<i>Amf</i>	
13	Selasa 16-12-2014	Membahas penulisan buku bab IV & bab V			<i>Amf</i>	
14	Rabu 17-12-2014	Membahas penulisan daftar pustaka			<i>Amf</i>	
15	Kamis 18-12-2014	Membahas penulisan Buku pl. hr. Rabu			<i>Amf</i>	
16	Sabtu 20-12-2014	Membahas Laporan final			<i>Amf</i>	

Gambar B. 1 Lembar Monitoring Kegiatan Tugas Akhir



LAMPIRAN C

KODE PROGRAM MATLAB

```
function varargout = main(varargin)
% MAIN MATLAB code for main.fig
%   MAIN, by itself, creates a new MAIN or
%   raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = MAIN returns the handle to a new
%   MAIN or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%   MAIN('CALLBACK',hObject,eventData,handles,...)
%   calls the local
%   function named CALLBACK in MAIN.M with
%   the given input arguments.
%
%   MAIN('Property','Value',...) creates a
%   new MAIN or raises the
%   existing singleton*. Starting from the
%   left, property value pairs are
%   applied to the GUI before
%   main_OpeningFcn gets called. An
%   unrecognized property name or invalid
%   value makes property application
%   stop. All inputs are passed to
%   main_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu.
%   Choose "GUI allows only one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES
%
% Edit the above text to modify the response
% to help main
```

```
% Last Modified by GUIDE v2.5 13-Dec-2014  
14:12:13
```

```
% Begin initialization code - DO NOT EDIT
```

```
gui_Singleton = 1;  
gui_State = struct('gui_Name',  
mfilename, ...  
                  'gui_Singleton',  
gui_Singleton, ...  
                  'gui_OpeningFcn',  
@main_OpeningFcn, ...  
                  'gui_OutputFcn',  
@main_OutputFcn, ...  
                  'gui_LayoutFcn', [] , ...  
                  'gui_Callback', []);  
if nargin && ischar(varargin{1})  
    gui_State.gui_Callback =  
str2func(varargin{1});  
end
```

```
if narginout  
    [varargout{1:nargout}] =  
gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});  
else  
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});  
end
```

```
% End initialization code - DO NOT EDIT
```

```
% --- Executes just before main is made  
visible.  
function main_OpeningFcn(hObject, eventdata,  
handles, varargin)  
% This function has no output args, see  
OutputFcn.  
% hObject    handle to figure  
% eventdata  reserved - to be defined in a  
future version of MATLAB
```

```

% handles      structure with handles and user
data (see GUIDATA)
% varargin     command line arguments to main
               (see VARARGIN)

% Choose default command line output for main
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes main wait for user response
(see UIRESUME)
%uiwait(handles.figure1);
clc;
%-----
----- variabel global
global namaKecamatan ;
global petaReady ;
global showLimit ;
namaKecamatan = {
'Arosbaya', 'Bangkalan', 'Blega', 'Burneh', 'Galis',
'Geger', 'Kamal', 'Klampis', 'Kokop', 'Konang', 'Kwanyar', 'Labang', 'Modung', 'Sepulu', 'Socah', 'T
anah Merah', 'Tanjung Bumi', 'Tragah'};
petaReady = false ;
showLimit = true ;
%-----
----- program setting pertama
addpath_support(); %tambahkan folder program
%-----
----- Baca File yang diperlukan
bacaMenara('file/menaraExisting/Menara_Eksist
ing.xlsx');
%bacaFileGambarPeta('file/gambar-
peta/peta3.jpg');
plotLimitDistrict( handles );
getParameterCoverege();

```



```

%-----
%-----
setDataKecamatanIntoListBox(handles);
%tampilkan nama kecamatan ke list box
set(handles.nokecamatan , 'value' , 1 ); %
set index list box ke semua

%-----
%-----
tampilanAxesVer1(handles);

function tampilanAxesVer1(handles)
global showLimit ;
cla ;
hold on ;
grid on ;
zoom on ;
tampilkanPeta(handles);
if showLimit
    plotLimitDistrict( handles );
end
plotMenara(handles);
%plotCover(handles);
%plotUserSeluler(handles);

% --- Outputs from this function are returned
to the command line.
function varargout = main_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout cell array for returning output
args (see VARARGOUT);
% hObject handle to figure
% eventdata reserved - to be defined in a
future version of MATLAB

```

```

% handles      structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Get default command line output from handles
structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on selection change in
listDistrict.
function listDistrict_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to listDistrict (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hints: contents =
cellstr(get(hObject,'String')) returns
listDistrict contents as cell array
%             contents{get(hObject,'Value')}
returns selected item from listDistrict
tampilanAxesVer1(handles);

% --- Executes during object creation, after
setting all properties.
function listDistrict_CreateFcn(hObject,
eventdata, handles)
% hObject      handle to listDistrict (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until
after all CreateFcns called

% Hint: listbox controls usually have a white
background on Windows.
%             See ISPC and COMPUTER.

```

```

if ispc &&
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes on button press in nokecamatan.
function nokecamatan_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to nokecamatan (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle
state of nokecamatan
set(handles.namaKecamatan , 'value' , 0 );
set(handles.tinggiMenara , 'value' , 0 );

tampilanAxesVer1(handles);

% --- Executes on button press in
namaKecamatan.
function namaKecamatan_Callback(hObject,
 eventdata, handles)
% hObject    handle to namaKecamatan (see
GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle
state of namaKecamatan
set(handles.nokecamatan , 'value' , 0 );
set(handles.tinggiMenara , 'value' , 0 );

```



```

tampilanAxesVer1(handles);

% --- Executes on button press in
tinggiMenara.
function tinggiMenara_Callback(hObject,
eventdata, handles)
% hObject    handle to tinggiMenara (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)

% Hint: get(hObject,'Value') returns toggle
state of tinggiMenara

set(handles.nokecamatan , 'value' , 0 );
set(handles.namaKecamatan , 'value' , 0 );
plotMenara(handles);

tampilanAxesVer1(handles);

% --- Executes on button press in mulai.
function mulai_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject    handle to mulai (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user
data (see GUIDATA)
global lockCreateNew ;
lockCreateNew = false ;
saSim(handles);
lockCreateNew = true ;
saSim(handles);
createGoogleMap();
loadgoogleearth();
savexslx();

```

```

function saSim(handles)
global lockCreateNew ;
global suhuNow ;
global namaKecamatan ;
global raw ;
global a ;

shutOffAllElemtnIn(handles)
[ m , n , z ] = size(raw); %ambil informasi
jumlah manara total
for j = 1 : length(namaKecamatan)

%-----

set(handles.listDistrict,'value',j+1);pause(0.
1); %ganti list nama kecamatan
suhuNow = str2double(get(handles.niterasi
, 'string' )); %ambil kembali jumlah suhu awal
%-----
----- pengambilan data untuk
titik potensial
[ potencialcordinat ] =
getDataPotensialCordinat(namaKecamatan(get(han
dles.listDistrict,'value') - 1));
%-----

tampilanAxesVer2(handles);pause(0.001)
countData = 1 ;
a = 0.95 ;
while( suhuNow > 10 )
    xss = 0 ;
    yss = 0 ;
    suhuNow = suhuNow * a ;
    showSuhu(handles);pause(0.001);
    for i = 2 : m

```

```

        if strcmp( cell2mat(row(i,2)) ,
namaKecamatan(get(handles.listDistrict,'value'
) - 1) )
            %[ x_lng , x_lat ] = randoms1(
handles ,
cell2mat(row(i,4)),cell2mat(row(i,3)));
            [ x_lng , x_lat ] = random1(
cell2mat(row(i,4)),cell2mat(row(i,3)));

            [ fitness_2_old ] =
getFitnessFromLimit(
get(handles.listDistrict,'value') - 1 ,
cell2mat(row(i,4)) , cell2mat(row(i,3)) );
            [ fitness_2_new ] =
getFitnessFromLimit(
get(handles.listDistrict,'value') - 1 , x_lng
, x_lat );

            [ fitness_1_old ] =
getFitnessFromOtherParticle( i ,
cell2mat(row(i,4)) , cell2mat(row(i,3)) );
            [ fitness_1_new ] =
getFitnessFromOtherParticle( i , x_lng , x_lat
);

            [ fitness_3_old ] =
getFitnessFromUserSeluler(
get(handles.listDistrict,'value') - 1 ,
cell2mat(row(i,4)) , cell2mat(row(i,3)) );
            [ fitness_3_new ] =
getFitnessFromUserSeluler(
get(handles.listDistrict,'value') - 1 , x_lng
, x_lat );

            [ fitness_4_old ] =
getFromPotencialCordinat( potensialcordinat ,
cell2mat(row(i,4)) , cell2mat(row(i,3)) );

```



```

[ fitness_4_new ] =
getFromPotencialCordinat( potencialcordinat ,
x_lng , x_lat );

fitness_new = fitness_1_new +
fitness_2_new + fitness_3_new + fitness_4_new;
fitness_old = fitness_1_old +
fitness_2_old + fitness_3_old + fitness_4_old;
%disp(['old fitness ' ,
num2str(fitness_1_old) , ' new fitness ' ,
num2str(fitness_1_new) , ' index ' ,
num2str(i)]);
disp(['old fitness ' ,
num2str(fitness_old) , ' new fitness ' ,
num2str(fitness_new) , ' index ' ,
num2str(i)]);
%plot( x_lng , x_lat , 'b*' );
%text( x_lng , x_lat ,
num2str(fitness_new) );
%disp([ ' longitude baru ' ,
num2str(x_lng) , ' latitude baru ' ,
num2str(x_lat)] );
%pause(0.02);
if fitness_new < fitness_old
    if ~(x_lat == 0) &&
~(x_lng == 0) % ~forever
        %text(
cell2mat(raw(i,4)) , cell2mat(raw(i,3)) ,
num2str(fitness_old) )
        raw(i,3) = {x_lat};
        raw(i,4) = {x_lng};
        %text( x_lng , x_lat ,
num2str(fitness_new) );pause(0.01);

tampilanAxesVer2(handles);pause(0.0001)
    end
else
    delta = fitness_old -
fitness_new ;

```

```

random2 = rand(1,1)*0.001;
if random2 > exp((-
1*delta/1*suhuNow)^2)
    if ~(x_lat == 0) &&
~(x_lng == 0)
        %disp([' old lng
' , num2str(cell2mat(raw(i,4))) , ' lat ' ,
num2str(cell2mat(raw(i,3))) , ' new lng ' ,
num2str(x_lng) , ' lat ' , num2str(x_lat) , '
fit old ' , num2str(fitness_old) , ' fit new '
, num2str(fitness_new)]);
        raw(i,3) =
{x_lat};
        raw(i,4) =
{x_lng};
    end
end
end
end
end

%tampilanAxesVer2(handles);pause(0.0001)
end
if ~lockCreateNew
    [ jumlah ] =
getParameterPenguranganPenambahan(
namaKecamatan(get(handles.listDistrict,'value'
) - 1) );
    disp([' nama kecamatan ' ,
cell2mat(namaKecamatan(get(handles.listDistr
ict,'value') - 1)) , ' jumlah ' ,
num2str(jumlah)]);
    if jumlah > 0
        [ data , fitness , buffer_lng ,
buffer_lat] = createNewParticel( jumlah ,
namaKecamatan(get(handles.listDistrict,'value'
) - 1) , handles);
        %save(['fit-
',cell2mat(namaKecamatan(get(handles.listDistr
ict,'value') - 1)) ,'.mat'] , 'fitness');

```

```

        %save(['lng-
',cell2mat(namaKecamatan(get(handles.listDistr
ict,'value') - 1)) ,'.mat'] , 'buffer_lng');
        %save(['lat-
',cell2mat(namaKecamatan(get(handles.listDistr
ict,'value') - 1)) ,'.mat'] , 'buffer_lat');
        [ xm , xn ] = size(raw);
        disp([' jumlah sekarang ' ,
num2str(xm)]);
        last = xm ;
        for x = 1 : jumlah
            xm = xm + 1 ;
            raw(xm,1) = {'BGKL-' ,
num2str(xm)]};
            raw(xm,2) = data(x,1);
            raw(xm,3) = data(x,2);
            raw(xm,4) = data(x,3);
            raw(xm,5) = data(x,4);
            disp([' penambahan kecamatan
',
cell2mat(namaKecamatan(get(handles.listDistrict,
'value') - 1)) , ' no ' , num2str(xm) , '
jumlah ' , num2str(jumlah)]);
        end
    else
        [ buffers ] = lessDataInCell(
abs(jumlah) ,
namaKecamatan(get(handles.listDistrict,'value'
) - 1) , raw );
        raw = buffers ;
        save('raw.mat','raw');
    end
end
end
shutOnAllElemtnIn(handles);
pause(0.1);set(handles.listDistrict,'value',1)
;pause(0.1);
tampilanAxesVer1(handles);pause(0.05);
save('raw.mat','raw');

```



```

function savexslx()
    global raw ;

    [filename, pathname] =
    uiputfile('*', 'Simpan file Excell');
    namedir = strcat(pathname, filename);
    mkdir(namedir);
    xlswrite([ namedir , '\data.xlsx'], raw);

```

```

function tampilanAxesVer2(handles)
global showLimit ;
cla ;
hold on ;
grid on ;
zoom on ;
tampilkanPeta(handles);
if showLimit
    plotLimitDistrict( handles );
end
plotMenara(handles);
plotCover(handles); pause(0.0001);

```

```

function showSuhu(handles)
global suhuNow ;
set(handles.iterasi , 'string' ,
num2str(suhuNow));

```

```

% --- Executes on button press in berhenti.
function berhenti_Callback(hObject, eventdata,
handles)
% hObject      handle to berhenti (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a
future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user
data (see GUIDATA)
global a ;

```

```
a = 0.001;
```

```
function niterasi_Callback(hObject, eventdata,  
handles)  
% hObject    handle to niterasi (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a  
future version of MATLAB  
% handles    structure with handles and user  
data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns  
contents of niterasi as text  
%    str2double(get(hObject,'String'))  
returns contents of niterasi as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after  
setting all properties.
```

```
function niterasi_CreateFcn(hObject,  
eventdata, handles)  
% hObject    handle to niterasi (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a  
future version of MATLAB  
% handles    empty - handles not created until  
after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white  
background on Windows.
```

```
%    See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&  
isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))  
    set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```

```
function iterasi_Callback(hObject, eventdata,  
handles)
```

```
% hObject    handle to iterasi (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a  
future version of MATLAB  
% handles    structure with handles and user  
data (see GUIDATA)
```

```
% Hints: get(hObject,'String') returns  
contents of iterasi as text  
%          str2double(get(hObject,'String'))  
returns contents of iterasi as a double
```

```
% --- Executes during object creation, after  
setting all properties.
```

```
function iterasi_CreateFcn(hObject, eventdata,  
handles)
```

```
% hObject    handle to iterasi (see GCBO)  
% eventdata  reserved - to be defined in a  
future version of MATLAB  
% handles    empty - handles not created until  
after all CreateFcns called
```

```
% Hint: edit controls usually have a white  
background on Windows.
```

```
%          See ISPC and COMPUTER.
```

```
if ispc &&  
    isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),  
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))  
        set(hObject,'BackgroundColor','white');  
end
```




LAMPIRAN D
DATA MENARA TELEKOMUNIKASI EKSISTING
DI KABUPATEN BANGKALAN

Tabel D. 1 Data Menara Telekomunikasi Eksisting di Kabupaten Bangkalan

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-001	Bangkalan	112.761450	-7.013620	42	2
BGKL-002	Bangkalan	112.756020	-7.016350	50	3
BGKL-003	Bangkalan	112.756030	-7.016420	45	1
BGKL-004	Bangkalan	112.771400	-7.003420	51	1
BGKL-005	Bangkalan	112.769510	-7.005810	70	1
BGKL-006	Bangkalan	112.790100	-6.986510	50	2
BGKL-007	Bangkalan	112.746560	-7.035330	42	2
BGKL-008	Bangkalan	112.749540	-7.034900	42	1
BGKL-009	Bangkalan	112.744610	-7.036860	42	5
BGKL-010	Bangkalan	112.744580	-7.029880	72	1
BGKL-011	Arosbaya	112.795490	-6.982220	72	2
BGKL-012	Arosbaya	112.796460	-6.981420	45	1
BGKL-013	Arosbaya	112.807590	-6.971730	50	1
BGKL-014	Tanah Merah	112.889670	-7.066550	52	1
BGKL-015	Bangkalan	112.738230	-7.037180	30	2
BGKL-016	Bangkalan	112.735490	-7.035450	72	1
BGKL-017	Bangkalan	112.751070	-7.029460	30	1
BGKL-018	Bangkalan	112.751600	-7.032130	62	1
BGKL-019	Bangkalan	112.729880	-7.039990	30	2
BGKL-020	Bangkalan	112.730770	-7.041450	62	1
BGKL-021	Bangkalan	112.731660	-7.045870	62	2

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-022	Bangkalan	112.733950	-7.044370	72	1
BGKL-023	Bangkalan	112.734420	-7.043190	42	1
BGKL-024	Bangkalan	112.735760	-7.048830	30	0
BGKL-025	Bangkalan	112.743060	-7.051550	50	1
BGKL-026	Bangkalan	112.755150	-7.046370	50	1
BGKL-027	Bangkalan	112.751440	-7.024930	30	1
BGKL-028	Bangkalan	112.752450	-7.025570	62	2
BGKL-029	Bangkalan	112.755530	-7.026330	30	2
BGKL-030	Bangkalan	112.740890	-7.026440	42	2
BGKL-031	Bangkalan	112.779050	-6.996380	70	1
BGKL-032	Bangkalan	112.781200	-6.993890	52	1
BGKL-033	Bangkalan	112.685820	-7.044870	72	2
BGKL-034	Bangkalan	112.692130	-7.053410	72	1
BGKL-035	Arosbaya	112.840550	-6.947710	70	1
BGKL-036	Arosbaya	112.839610	-6.947570	70	3
BGKL-037	Klampis	112.839660	-6.938760	70	1
BGKL-038	Arosbaya	112.848630	-6.951190	50	1
BGKL-039	Arosbaya	112.847470	-6.982450	52	1
BGKL-040	Arosbaya	112.848300	-6.978182	70	2
BGKL-041	Arosbaya	112.814410	-6.964130	50	1
BGKL-042	Arosbaya	112.816020	-6.963200	50	1
BGKL-043	Arosbaya	112.822850	-6.955810	50	2
BGKL-044	Klampis	112.833310	-6.941430	52	1
BGKL-045	Klampis	112.833270	-6.941490	50	2
BGKL-046	Klampis	112.856320	-6.919870	50	3
BGKL-047	Burneh	112.834010	-7.011500	50	1
BGKL-048	Burneh	112.834420	-7.011180	70	1

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-049	Burneh	112.834850	-7.011690	52	2
BGKL-050	Burneh	112.786050	-7.053790	50	2
BGKL-051	Burneh	112.784960	-7.052390	70	2
BGKL-052	Burneh	112.786636	-7.054850	72	2
BGKL-053	Burneh	112.779650	-7.072000	50	1
BGKL-054	Burneh	112.805990	-7.031990	52	1
BGKL-055	Burneh	112.760910	-7.032780	30	1
BGKL-056	Burneh	112.760100	-7.032830	42	3
BGKL-057	Burneh	112.777340	-7.042730	54	4
BGKL-058	Socah	112.727950	-7.062220	50	2
BGKL-059	Socah	112.731390	-7.052540	25	1
BGKL-060	Socah	112.712730	-7.089690	70	1
BGKL-061	Socah	112.738670	-7.088610	30	2
BGKL-062	Socah	112.689350	-7.091500	52	1
BGKL-064	Socah	112.708180	-7.088080	50	1
BGKL-065	Socah	112.760670	-7.096600	52	2
BGKL-066	Socah	112.678960	-7.057540	52	2
BGKL-067	Socah	112.688500	-7.072040	72	1
BGKL-068	Kamal	112.761950	-7.104100	72	1
BGKL-069	Socah	112.760930	-7.097990	72	2
BGKL-070	Socah	112.712480	-7.097250	72	5
BGKL-071	Socah	112.709070	-7.094380	72	1
BGKL-072	Socah	112.706300	-7.091480	45	1
BGKL-073	Kamal	112.720680	-7.166250	72	1
BGKL-074	Kamal	112.719790	-7.165510	30	1
BGKL-075	Kamal	112.721240	-7.164790	72	1
BGKL-076	Kamal	112.720980	-7.162380	72	1

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-077	Kamal	112.721830	-7.161890	45	1
BGKL-078	Kamal	112.718560	-7.158230	72	2
BGKL-079	Kamal	112.716370	-7.156770	72	1
BGKL-080	Kamal	112.720580	-7.153650	72	2
BGKL-081	Kamal	112.714540	-7.146710	35	1
BGKL-082	Kamal	112.714580	-7.146600	52	1
BGKL-083	Kamal	112.713530	-7.132350	72	1
BGKL-084	Kamal	112.699220	-7.152850	52	1
BGKL-085	Kamal	112.713690	-7.132370	52	4
BGKL-086	Kamal	112.722530	-7.171770	30	1
BGKL-087	Kamal	112.722570	-7.171170	35	2
BGKL-088	Kamal	112.725400	-7.161570	50	1
BGKL-089	Kamal	112.743920	-7.152240	31	1
BGKL-090	Kamal	112.743100	-7.152510	72	1
BGKL-091	Kamal	112.713200	-7.118520	42	2
BGKL-092	Kamal	112.721390	-7.112030	52	1
BGKL-093	Kamal	112.728580	-7.127050	52	1
BGKL-094	Labang	112.800670	-7.147590	42	1
BGKL-095	Labang	112.773400	-7.139330	72	1
BGKL-096	Labang	112.772860	-7.139050	50	3
BGKL-097	Labang	112.788140	-7.136690	50	1
BGKL-098	Labang	112.796670	-7.117000	72	1
BGKL-099	Labang	112.772160	-7.121560	52	1
BGKL-100	Labang	112.772050	-7.118700	52	1
BGKL-101	Labang	112.781480	-7.156400	32	1
BGKL-102	Labang	112.781240	-7.156660	25	1
BGKL-103	Labang	112.776420	-7.158890	41	2

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-104	Labang	112.799610	-7.156030	72	2
BGKL-105	Labang	112.798980	-7.154470	70	2
BGKL-106	Labang	112.798680	-7.121010	62	1
BGKL-107	Tragah	112.802050	-7.116960	52	1
BGKL-108	Tragah	112.802320	-7.116540	30	2
BGKL-109	Tragah	112.807550	-7.087820	41	1
BGKL-110	Tragah	112.832290	-7.104060	72	1
BGKL-111	Tragah	112.832770	-7.104280	72	1
BGKL-112	Tragah	112.832440	-7.104370	50	2
BGKL-113	Tragah	112.831950	-7.105480	72	1
BGKL-114	Burneh	112.812780	-7.066940	52	1
BGKL-115	Tanah Merah	112.860350	-7.033195	52	1
BGKL-116	Tanah Merah	112.860060	-7.033270	52	2
BGKL-117	Burneh	112.861299	-7.030320	42	1
BGKL-118	Tanah Merah	112.839170	-7.072860	51	3
BGKL-119	Tanah Merah	112.839050	-7.072900	72	1
BGKL-120	Tanah Merah	112.887500	-7.104950	52	1
BGKL-121	Tanah Merah	112.840280	-7.074500	50	1
BGKL-122	Tanah Merah	112.895970	-7.093180	72	3
BGKL-123	Tanah Merah	112.830790	-7.071170	52	1
BGKL-124	Tanah Merah	112.875220	-7.083900	52	2
BGKL-125	Tanah Merah	112.879100	-7.085730	72	1
BGKL-126	Tanah Merah	112.882650	-7.087310	72	2
BGKL-127	Tanah Merah	112.884480	-7.088730	52	1
BGKL-128	Tanah Merah	112.885460	-7.088370	72	1
BGKL-129	Tanah Merah	112.865364	-7.057830	52	1
BGKL-130	Klampis	112.905740	-6.895180	30	2

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-131	Klampis	112.903530	-6.932840	50	3
BGKL-132	Klampis	112.874150	-6.900390	70	1
BGKL-133	Klampis	112.884560	-6.897360	70	2
BGKL-134	Klampis	112.891310	-6.895900	82	1
BGKL-135	Klampis	112.923200	-6.895630	50	3
BGKL-136	Klampis	112.922560	-6.896170	70	1
BGKL-137	Klampis	112.879930	-6.898650	82	2
BGKL-138	Klampis	112.871580	-6.902320	70	1
BGKL-139	Geger	112.892620	-6.998960	50	1
BGKL-140	Geger	112.892880	-6.977680	72	1
BGKL-141	Geger	112.986310	-7.023630	50	2
BGKL-142	Geger	112.930140	-7.007590	70	2
BGKL-143	Geger	112.877550	-6.969910	50	1
BGKL-144	Geger	112.915180	-6.986950	40	2
BGKL-145	Geger	112.961850	-6.998960	50	2
BGKL-146	Geger	112.943180	-6.993210	70	1
BGKL-147	Geger	112.941160	-6.991190	72	1
BGKL-148	Geger	112.940450	-6.991490	52	2
BGKL-149	Geger	112.881440	-6.970400	50	2
BGKL-150	Geger	112.878470	-6.969910	52	1
BGKL-151	Kwanyar	112.901310	-7.179370	32	2
BGKL-152	Kwanyar	112.902840	-7.177550	72	2
BGKL-153	Kwanyar	112.855430	-7.160730	72	2
BGKL-154	Kwanyar	112.889970	-7.153540	52	1
BGKL-155	Kwanyar	112.855810	-7.155980	72	2
BGKL-156	Kwanyar	112.852340	-7.160950	52	2
BGKL-157	Kwanyar	112.895770	-7.153680	72	1

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-158	Kwanyar	112.880790	-7.117010	72	1
BGKL-159	Kwanyar	112.881590	-7.126530	52	1
BGKL-160	Kwanyar	112.828410	-7.158339	41	1
BGKL-161	Geger	112.956110	-6.954700	70	1
BGKL-162	Sepulu	112.967160	-6.921210	50	2
BGKL-163	Sepulu	112.993450	-6.892740	50	1
BGKL-164	Sepulu	112.967830	-6.897150	70	2
BGKL-165	Sepulu	112.966930	-6.897210	72	1
BGKL-166	Sepulu	112.964420	-6.887760	50	1
BGKL-167	Sepulu	112.965670	-6.898520	72	2
BGKL-168	Sepulu	112.959560	-6.895820	70	1
BGKL-169	Sepulu	112.954200	-6.896080	50	2
BGKL-170	Galis	112.968560	-7.080590	32	2
BGKL-171	Galis	112.973260	-7.116010	52	1
BGKL-172	Galis	112.971210	-7.114890	52	1
BGKL-173	Galis	112.974070	-7.116690	72	1
BGKL-174	Galis	112.970900	-7.114850	72	1
BGKL-175	Galis	112.972300	-7.118390	32	1
BGKL-176	Galis	112.970590	-7.117840	72	1
BGKL-177	Galis	112.970030	-7.117150	72	1
BGKL-178	Galis	112.970010	-7.117390	82	1
BGKL-179	Galis	112.962770	-7.112310	32	1
BGKL-180	Galis	112.962890	-7.111690	52	1
BGKL-181	Galis	112.974300	-7.120580	52	1
BGKL-182	Galis	112.990800	-7.126750	52	2
BGKL-183	Blega	112.996520	-7.131740	62	1
BGKL-184	Galis	112.967750	-7.097750	32	1

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-185	Galis	112.932930	-7.104710	52	2
BGKL-186	Galis	112.940330	-7.106330	72	1
BGKL-187	Geger	112.920850	-7.043220	62	2
BGKL-188	Geger	112.919870	-7.045140	72	1
BGKL-189	Geger	112.919610	-7.042210	52	2
BGKL-190	Modung	113.053350	-7.174070	32	2
BGKL-191	Modung	112.939980	-7.188220	72	1
BGKL-192	Modung	112.940040	-7.188350	72	1
BGKL-193	Modung	112.983880	-7.200200	32	1
BGKL-194	Modung	113.053350	-7.174070	52	1
BGKL-195	Modung	113.053160	-7.174140	32	1
BGKL-196	Modung	112.919490	-7.116050	52	1
BGKL-197	Modung	113.032520	-7.207560	72	1
BGKL-198	Modung	112.993150	-7.201860	32	2
BGKL-199	Modung	112.956210	-7.182190	32	2
BGKL-200	Tanjung Bumi	113.013700	-6.891110	50	2
BGKL-201	Tanjung Bumi	113.018040	-6.889790	50	1
BGKL-202	Tanjung Bumi	113.028500	-6.889650	72	4
BGKL-203	Tanjung Bumi	113.114310	-6.896800	50	1
BGKL-204	Tanjung Bumi	113.054720	-6.891600	52	1
BGKL-205	Tanjung Bumi	113.079500	-6.892340	70	2
BGKL-206	Tanjung Bumi	113.077740	-6.891550	72	1
BGKL-207	Tanjung Bumi	113.077060	-6.893420	70	1
BGKL-208	Tanjung Bumi	113.077120	-6.893090	70	1
BGKL-209	Tanjung Bumi	113.074970	-6.891550	70	3
BGKL-210	Kokop	113.029610	-6.940420	70	2
BGKL-211	Kokop	113.029370	-6.940120	70	3

Site ID	Kecamatan	Longitude	Latitude	Tinggi Menara (m)	Jumlah BTS
BGKL-212	Kokop	113.029310	-6.939830	72	1
BGKL-213	Kokop	113.036450	-6.964440	70	2
BGKL-214	Kokop	113.083470	-6.990220	50	2
BGKL-215	Kokop	113.082780	-6.990470	72	1
BGKL-216	Konang	113.107030	-7.028330	72	2
BGKL-217	Kokop	113.083120	-6.953480	50	2
BGKL-218	Tanjung Bumi	113.078710	-6.930250	71	1
BGKL-219	Kokop	113.063930	-6.985760	52	1
BGKL-220	Kokop	113.016080	-7.022370	70	0
BGKL-221	Konang	113.085130	-7.075170	72	2
BGKL-222	Konang	113.085820	-7.074830	50	2
BGKL-223	Konang	113.112510	-7.075470	72	1
BGKL-224	Konang	113.116710	-7.076090	50	2
BGKL-225	Konang	113.032490	-7.052960	72	1
BGKL-226	Blega	113.023820	-7.133710	52	4
BGKL-227	Blega	113.056670	-7.129320	72	4
BGKL-228	Blega	113.058550	-7.129440	70	1
BGKL-229	Blega	113.059780	-7.129980	52	2
BGKL-230	Blega	113.067650	-7.126110	52	1
BGKL-232	Blega	113.069480	-7.120960	52	2
BGKL-233	Blega	113.097140	-7.114990	72	1
BGKL-234	Blega	113.099140	-7.114590	72	1
BGKL-235	Blega	113.104170	-7.115270	52	2
BGKL-236	Blega	113.003980	-7.129360	52	1
BGKL-237	Blega	113.057980	-7.151150	32	1



LAMPIRAN E
PERUBAHAN TITIK KOORDINAT MENARA EKSISTING DI
KABUPATEN BANGKALAN

Tabel E. 1 Perubahan Titik Koordinat Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-011	Arosbaya	-6,983601956	112,8021128	72
BGKL-012	Arosbaya	-6,982271575	112,8143573	45
BGKL-013	Arosbaya	-6,970682305	112,8047005	50
BGKL-035	Arosbaya	-6,954742773	112,8418685	70
BGKL-036	Arosbaya	-6,951726825	112,826571	70
BGKL-038	Arosbaya	-6,961770244	112,8556449	50
BGKL-039	Arosbaya	-6,986462875	112,8566691	52
BGKL-040	Arosbaya	-6,97429344	112,8508265	70
BGKL-041	Arosbaya	-6,964698672	112,8353067	50
BGKL-042	Arosbaya	-6,972794779	112,8188295	50
BGKL-043	Arosbaya	-6,961420969	112,8190205	50
BGKL-001	Bangkalan	-7,009540156	112,7599027	42
BGKL-002	Bangkalan	-7,015944963	112,7680802	50
BGKL-003	Bangkalan	-7,014738921	112,7553925	45
BGKL-004	Bangkalan	-7,009585091	112,7660649	51
BGKL-005	Bangkalan	-7,01104853	112,7737173	70

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-006	Bangkalan	-6,985372931	112,7902758	50
BGKL-007	Bangkalan	-7,028488826	112,7437608	42
BGKL-008	Bangkalan	-7,042285738	112,7502581	42
BGKL-009	Bangkalan	-7,037695532	112,7529281	42
BGKL-010	Bangkalan	-7,02363318	112,7471364	72
BGKL-015	Bangkalan	-7,037163114	112,7460746	30
BGKL-016	Bangkalan	-7,044846075	112,7394749	72
BGKL-017	Bangkalan	-7,027244925	112,749541	30
BGKL-018	Bangkalan	-7,033489247	112,7344779	62
BGKL-019	Bangkalan	-7,032178028	112,7383269	30
BGKL-020	Bangkalan	-7,039353643	112,7433151	62
BGKL-021	Bangkalan	-7,03819508	112,7328814	62
BGKL-022	Bangkalan	-7,043177762	112,7346469	72
BGKL-023	Bangkalan	-7,047683477	112,744349	42
BGKL-024	Bangkalan	-7,043780734	112,7450455	30
BGKL-025	Bangkalan	-7,047306593	112,7497293	50
BGKL-026	Bangkalan	-7,035208984	112,7487865	50
BGKL-027	Bangkalan	-7,030721788	112,7473908	30
BGKL-028	Bangkalan	-7,031224252	112,7520795	62

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-029	Bangkalan	-7,020241363	112,7588068	30
BGKL-030	Bangkalan	-7,027632238	112,7395442	42
BGKL-031	Bangkalan	-6,997326525	112,7875228	70
BGKL-032	Bangkalan	-6,997715276	112,7979554	52
BGKL-033	Bangkalan	-7,04890287	112,7111584	72
BGKL-034	Bangkalan	-7,044765043	112,6919332	72
BGKL-183	Blega	-7,148104787	113,0287788	62
BGKL-226	Blega	-7,138289929	113,0148249	52
BGKL-227	Blega	-7,092851806	113,045613	72
BGKL-228	Blega	-7,114405676	113,0404733	70
BGKL-229	Blega	-7,107148633	113,057113	52
BGKL-230	Blega	-7,102224512	113,0732524	52
BGKL-232	Blega	-7,091222276	113,0629372	52
BGKL-233	Blega	-7,094893698	113,0867338	72
BGKL-234	Blega	-7,113542327	113,0833166	72
BGKL-235	Blega	-7,102776361	113,1065539	52
BGKL-236	Blega	-7,123534578	113,0256257	52
BGKL-237	Blega	-7,145908291	113,0504796	32
BGKL-047	Burneh	-7,014222203	112,8142372	50
BGKL-048	Burneh	-7,022514239	112,8354528	70

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-049	Burneh	-7,009038789	112,8284639	52
BGKL-050	Burneh	-7,062780946	112,7832836	50
BGKL-051	Burneh	-7,048436352	112,7860352	70
BGKL-052	Burneh	-7,035593735	112,8102526	72
BGKL-053	Burneh	-7,075299121	112,7767104	50
BGKL-054	Burneh	-7,020465444	112,7994844	52
BGKL-055	Burneh	-7,039014805	112,7757918	30
BGKL-056	Burneh	-7,052688023	112,7712149	42
BGKL-057	Burneh	-7,02926988	112,7850977	54
BGKL-114	Burneh	-7,059946755	112,7965641	52
BGKL-117	Burneh	-7,026066561	112,821184	42
BGKL-170	Galis	-7,051305804	112,9685337	32
BGKL-171	Galis	-7,105210907	112,9590298	52
BGKL-172	Galis	-7,076596962	112,9790409	52
BGKL-173	Galis	-7,131233516	112,9716585	72
BGKL-174	Galis	-7,137447561	112,9822996	72
BGKL-175	Galis	-7,079733917	112,9652032	32
BGKL-176	Galis	-7,104671425	112,98152	72
BGKL-177	Galis	-7,117767966	112,9728717	72
BGKL-178	Galis	-7,100948743	112,9954495	82

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-179	Galis	-7,088873788	112,9848382	32
BGKL-180	Galis	-7,078554177	113,0013722	52
BGKL-181	Galis	-7,1301251	112,9912509	52
BGKL-182	Galis	-7,121586472	112,9849092	52
BGKL-184	Galis	-7,059778802	112,9796051	32
BGKL-185	Galis	-7,081811476	112,9423566	52
BGKL-186	Galis	-7,089026905	112,9567677	72
BGKL-139	Geger	-7,001439347	112,8961737	50
BGKL-140	Geger	-6,962171724	112,91643	72
BGKL-141	Geger	-7,026130998	112,9703862	50
BGKL-142	Geger	-6,997717828	112,948365	70
BGKL-143	Geger	-6,97167858	112,8866424	50
BGKL-144	Geger	-6,974662424	112,9266074	40
BGKL-145	Geger	-7,011769206	112,9791345	50
BGKL-146	Geger	-6,991240075	112,9317293	70
BGKL-147	Geger	-6,975174271	112,9426817	72
BGKL-148	Geger	-7,011078502	112,9599197	52
BGKL-149	Geger	-6,959070268	112,8970647	50
BGKL-150	Geger	-6,986086469	112,9133104	52
BGKL-161	Geger	-6,982209821	112,9584775	70

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-187	Geger	-7,017508937	112,9444497	62
BGKL-188	Geger	-7,003229613	112,9157122	72
BGKL-189	Geger	-7,010791921	112,9296826	52
BGKL-074	Kamal	-7,153576425	112,7087105	30
BGKL-075	Kamal	-7,144633283	112,7442018	72
BGKL-076	Kamal	-7,163336665	112,7344496	72
BGKL-077	Kamal	-7,147297717	112,7163803	45
BGKL-078	Kamal	-7,160693188	112,7139504	72
BGKL-079	Kamal	-7,137220101	112,7124945	72
BGKL-080	Kamal	-7,150738139	112,733906	72
BGKL-081	Kamal	-7,127072063	112,7096202	35
BGKL-082	Kamal	-7,144580938	112,7064916	52
BGKL-083	Kamal	-7,135460797	112,7318192	72
BGKL-084	Kamal	-7,129375709	112,7179842	52
BGKL-085	Kamal	-7,122865194	112,7259292	52
BGKL-086	Kamal	-7,154560903	112,7237902	30
BGKL-087	Kamal	-7,142895115	112,7246675	35
BGKL-088	Kamal	-7,163014302	112,7237767	50
BGKL-089	Kamal	-7,13461456	112,741372	31
BGKL-090	Kamal	-7,15698809	112,7448741	72

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-091	Kamal	-7,120260354	112,7149197	42
BGKL-092	Kamal	-7,111810334	112,7216991	52
BGKL-093	Kamal	-7,125411172	112,7362243	52
BGKL-037	Klampis	-6,924545617	112,846909	70
BGKL-044	Klampis	-6,914087427	112,8581606	52
BGKL-045	Klampis	-6,93148925	112,865127	50
BGKL-046	Klampis	-6,918784469	112,8704795	50
BGKL-130	Klampis	-6,913967946	112,9079766	30
BGKL-131	Klampis	-6,930357433	112,9322418	50
BGKL-132	Klampis	-6,909590901	112,8826852	70
BGKL-133	Klampis	-6,90469661	112,8977841	70
BGKL-134	Klampis	-6,919888249	112,8953597	82
BGKL-135	Klampis	-6,906834076	112,9184198	50
BGKL-136	Klampis	-6,915138057	112,93117	70
BGKL-137	Klampis	-6,932056347	112,9041185	82
BGKL-138	Klampis	-6,930559255	112,8799731	70
BGKL-210	Kokop	-6,938940345	113,0254466	70
BGKL-211	Kokop	-6,942530376	113,0441849	70
BGKL-212	Kokop	-6,956579818	113,0139928	72
BGKL-213	Kokop	-6,96544829	113,0423988	70

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-214	Kokop	-6,985815924	113,0831162	50
BGKL-215	Kokop	-6,971648723	113,0613978	72
BGKL-217	Kokop	-6,942599391	113,0639238	50
BGKL-219	Kokop	-6,983763889	113,0483073	52
BGKL-220	Kokop	-7,02237	113,0196758	70
BGKL-216	Konang	-7,023329171	113,088514	72
BGKL-221	Konang	-7,074989686	113,078652	72
BGKL-222	Konang	-7,050226878	113,0741942	50
BGKL-223	Konang	-7,079509749	113,0960218	72
BGKL-224	Konang	-7,06437259	113,0939493	50
BGKL-225	Konang	-7,05254438	113,0343094	72
BGKL-151	Kwanyar	-7,167831168	112,8946218	32
BGKL-152	Kwanyar	-7,161559434	112,87777	72
BGKL-153	Kwanyar	-7,133679898	112,8600455	72
BGKL-154	Kwanyar	-7,144254743	112,9031104	52
BGKL-155	Kwanyar	-7,143263191	112,8865868	72
BGKL-156	Kwanyar	-7,156971574	112,8482898	52
BGKL-157	Kwanyar	-7,16040124	112,9089658	72
BGKL-158	Kwanyar	-7,127135044	112,8885175	72
BGKL-159	Kwanyar	-7,135306052	112,875162	52

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-160	Kwanyar	-7,147616865	112,837907	41
BGKL-094	Labang	-7,135233331	112,803644	42
BGKL-095	Labang	-7,136956505	112,7666414	72
BGKL-096	Labang	-7,140614236	112,7803778	50
BGKL-097	Labang	-7,13695797	112,7913053	50
BGKL-098	Labang	-7,123989463	112,7912461	72
BGKL-099	Labang	-7,129009424	112,7799247	52
BGKL-100	Labang	-7,116145954	112,7793327	52
BGKL-101	Labang	-7,150123508	112,8060334	32
BGKL-102	Labang	-7,146727784	112,7959083	25
BGKL-103	Labang	-7,147909123	112,7711857	41
BGKL-104	Labang	-7,152418708	112,7831898	72
BGKL-105	Labang	-7,142435746	112,8150162	70
BGKL-106	Labang	-7,110092437	112,791977	62
BGKL-190	Modung	-7,172411338	113,0250681	32
BGKL-191	Modung	-7,167289827	112,9469584	72
BGKL-192	Modung	-7,150423202	112,955214	72
BGKL-193	Modung	-7,168156374	112,9724399	32
BGKL-194	Modung	-7,187987815	113,0280676	52
BGKL-195	Modung	-7,181979965	113,0159989	32

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-196	Modung	-7,120662968	112,9176296	52
BGKL-197	Modung	-7,196453617	113,0131058	72
BGKL-198	Modung	-7,185692766	112,9861664	32
BGKL-199	Modung	-7,183737338	112,9723545	32
BGKL-162	Sepulu	-6,929075901	112,9938288	50
BGKL-163	Sepulu	-6,903028035	112,9901194	50
BGKL-164	Sepulu	-6,935559461	112,967625	70
BGKL-165	Sepulu	-6,892633333	112,9778785	72
BGKL-166	Sepulu	-6,916186504	112,9936332	50
BGKL-167	Sepulu	-6,945988384	112,9783309	72
BGKL-168	Sepulu	-6,913590933	112,9803501	70
BGKL-169	Sepulu	-6,911565849	112,9622691	50
BGKL-058	Socah	-7,067297356	112,7109843	50
BGKL-059	Socah	-7,063847938	112,7292049	25
BGKL-060	Socah	-7,072356008	112,7350554	70
BGKL-061	Socah	-7,094794005	112,7379824	30
BGKL-062	Socah	-7,072977217	112,6997049	52
BGKL-064	Socah	-7,078760889	112,7105304	50
BGKL-065	Socah	-7,106872402	112,7659274	52
BGKL-066	Socah	-7,065553891	112,6889395	52

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-067	Socah	-7,080646533	112,6865872	72
BGKL-069	Socah	-7,09252685	112,7579697	72
BGKL-070	Socah	-7,089994881	112,7241025	72
BGKL-071	Socah	-7,090685995	112,7124907	72
BGKL-072	Socah	-7,086266632	112,6995507	45
BGKL-014	Tanah Merah	-7,068931584	112,8928608	52
BGKL-115	Tanah Merah	-7,047267271	112,8667412	52
BGKL-116	Tanah Merah	-7,040001521	112,8561341	52
BGKL-118	Tanah Merah	-7,061153152	112,8657436	51
BGKL-119	Tanah Merah	-7,071351057	112,8414836	72
BGKL-120	Tanah Merah	-7,099718366	112,902122	52
BGKL-121	Tanah Merah	-7,083778671	112,8538745	50
BGKL-122	Tanah Merah	-7,087512669	112,9092776	72
BGKL-123	Tanah Merah	-7,045711326	112,8438603	52
BGKL-124	Tanah Merah	-7,074502021	112,8667077	52
BGKL-125	Tanah Merah	-7,096537244	112,8785777	72
BGKL-126	Tanah Merah	-7,087213242	112,891868	72
BGKL-127	Tanah Merah	-7,092655266	112,8652093	52
BGKL-128	Tanah Merah	-7,072853756	112,8809556	72

Site ID	Kecamatan	Posisi Baru Latitude	Posisi Baru Longitude	Tinggi Menara
BGKL-129	Tanah Merah	-7,053944236	112,8795993	52
BGKL-200	Tanjung Bumi	-6,91736876	113,0278776	50
BGKL-201	Tanjung Bumi	-6,890035707	113,0197676	50
BGKL-202	Tanjung Bumi	-6,894548344	113,0443885	72
BGKL-203	Tanjung Bumi	-6,906083417	113,0989654	50
BGKL-204	Tanjung Bumi	-6,919641223	113,0449224	52
BGKL-205	Tanjung Bumi	-6,898833329	113,0726802	70
BGKL-206	Tanjung Bumi	-6,898409589	113,0865484	72
BGKL-207	Tanjung Bumi	-6,918836565	113,0662195	70
BGKL-208	Tanjung Bumi	-6,908779597	113,0531944	70
BGKL-209	Tanjung Bumi	-6,895225687	113,0581414	70
BGKL-218	Tanjung Bumi	-6,917984608	113,0898656	71
BGKL-107	Tragah	-7,116768309	112,8180851	52
BGKL-108	Tragah	-7,100825766	112,8325152	30
BGKL-109	Tragah	-7,08403931	112,8049887	41
BGKL-110	Tragah	-7,112467873	112,8335598	72
BGKL-111	Tragah	-7,090715187	112,8195029	72
BGKL-112	Tragah	-7,122494948	112,8486162	50
BGKL-113	Tragah	-7,124800322	112,837398	72

LAMPIRAN F
HASIL PENAMBAHAN MENARA EKSISITING DI KABUPATEN
BANGKALAN

Tabel F. 1 Penambahan Menara Eksisting di Kabupaten Bangkalan

Site ID	Kecamatan	Latitude	Longitude	Tinggi
BGKL-237	Arosbaya	-6,972308579	112,8284405	40
BGKL-238	Arosbaya	-6,987025076	112,8433749	40
BGKL-239	Arosbaya	-6,977128734	112,8374056	40
BGKL-240	Bangkalan	-7,033329802	112,742925	40
BGKL-241	Bangkalan	-7,013802391	112,7634617	40
BGKL-242	Bangkalan	-7,037044116	112,7380056	40
BGKL-243	Bangkalan	-7,020979924	112,7641916	40
BGKL-244	Blega	-7,131786807	113,054269	40
BGKL-245	Blega	-7,105735622	113,0943717	40
BGKL-246	Blega	-7,132205611	113,0395029	40
BGKL-247	Burneh	-7,049023935	112,8042347	40
BGKL-248	Burneh	-7,065328422	112,7675892	40
BGKL-249	Burneh	-7,057485931	112,7589356	40
BGKL-250	Burneh	-7,038269273	112,7961392	40
BGKL-251	Galis	-7,091854874	112,971893	40
BGKL-252	Galis	-7,074192446	112,9540927	40
BGKL-253	Galis	-7,066864387	112,9684377	40
BGKL-254	Galis	-7,066187179	112,9922918	40
BGKL-255	Galis	-7,060588582	112,9550193	40
BGKL-256	Galis	-7,054923998	112,9413692	40
BGKL-257	Galis	-7,046840039	112,9554555	40
BGKL-258	Galis	-7,068631012	112,9397428	40
BGKL-259	Geger	-6,997212613	112,9664006	40

Site ID	Kecamatan	Latitude	Longitude	Tinggi
BGKL-260	Geger	-6,985882431	112,8947102	40
BGKL-261	Geger	-6,973510301	112,9032397	40
BGKL-262	Geger	-7,007364543	112,9957656	40
BGKL-263	Geger	-6,993250481	112,9894888	40
BGKL-264	Geger	-6,985936309	112,9759147	40
BGKL-263	Klampis	-6,93567741	112,9186264	40
BGKL-264	Klampis	-6,921283519	112,9188424	40
BGKL-265	Kokop	-6,988006577	113,066939	40
BGKL-266	Kokop	-6,955389853	113,0551212	40
BGKL-267	Kokop	-6,970385839	113,0860893	40
BGKL-268	Kokop	-6,95358395	113,0307588	40
BGKL-269	Kokop	-6,957661274	113,0942107	40
BGKL-270	Kokop	-6,956198948	113,0710291	40
BGKL-271	Kokop	-6,947407114	113,0827048	40
BGKL-272	Kokop	-6,971402023	113,0240935	40
BGKL-273	Konang	-7,045120983	113,0501206	40
BGKL-274	Konang	-7,05448832	113,1028156	40
BGKL-275	Konang	-7,050516056	113,0883394	40
BGKL-276	Konang	-7,030504876	113,1050483	40
BGKL-277	Konang	-7,038528212	113,093107	40
BGKL-278	Konang	-7,060359551	113,0526996	40
BGKL-279	Kwanyar	-7,149105681	112,85867	40
BGKL-280	Kwanyar	-7,155657023	112,8913936	40
BGKL-281	Kwanyar	-7,141158105	112,848246	40
BGKL-282	Kwanyar	-7,148043267	112,8718285	40
BGKL-283	Labang	-7,122524265	112,7681024	40
BGKL-284	Modung	-7,170882598	112,986889	40
BGKL-285	Modung	-7,178893414	112,9992449	40

Site ID	Kecamatan	Latitude	Longitude	Tinggi
BGKL-286	Modung	-7,168636595	113,0118372	40
BGKL-287	Modung	-7,152243124	112,9372866	40
BGKL-288	Sepulu	-6,922546828	112,9706638	40
BGKL-289	Sepulu	-6,903148653	112,9709936	40
BGKL-290	Sepulu	-6,900684639	112,960302	40
BGKL-291	Sepulu	-6,933056025	112,9816619	40
BGKL-292	Socah	-7,080383727	112,7201307	40
BGKL-293	Socah	-7,082526509	112,7457806	40
BGKL-294	Socah	-7,070369474	112,7230708	40
BGKL-295	Tanah Merah	-7,103970209	112,8894577	40
BGKL-296	Tanah Merah	-7,056918327	112,8523073	40
BGKL-297	Tanah Merah	-7,058236775	112,8394325	40
BGKL-298	Tanah Merah	-7,069769425	112,8548859	40
BGKL-299	Tanah Merah	-7,084227065	112,87571	40
BGKL-300	Tanah Merah	-7,076366668	112,9028997	40
BGKL-301	Tanjung Bumi	-6,901136428	113,0274941	40
BGKL-302	Tanjung Bumi	-6,9065065	113,0395271	40
BGKL-303	Tanjung Bumi	-6,908269513	113,0161287	40
BGKL-304	Tanjung Bumi	-6,910168407	113,0797409	40
BGKL-305	Tragah	-7,103050465	112,8210709	40
BGKL-306	Tragah	-7,100783585	112,8081335	40
BGKL-307	Tragah	-7,094016279	112,78906	40
BGKL-308	Tragah	-7,10897947	112,8467971	40



LAMPIRAN G
DATA COVERAGE LAYANAN 2G DAN 3G PADA DAERAH
RURAL DI KABUPATEN BANGKALAN

Tabel G. 1 Data Coverage Layanan 2G pada Daerah Rural di Kabupaten Bangkalan

hb (m)	A	B	D	Radius Coverage (m)	Luas Coverage (km ²)
25	127.701	35.743	28.578	1557	6.306
30	126.607	35.225	28.578	1684	7.371
31	126.410	35.132	28.578	1708	7.585
32	126.220	35.041	28.578	1732	7.799
35	125.682	34.786	28.578	1802	8.442
40	124.880	34.407	28.578	1914	9.521
41	124.732	34.336	28.578	1935	9.738
42	124.587	34.268	28.578	1957	9.955
45	124.173	34.071	28.578	2020	10.610
50	123.541	33.772	28.578	2122	11.711
51	123.422	33.715	28.578	2142	11.932
52	123.306	33.660	28.578	2162	12.155
54	123.079	33.553	28.578	2201	12.600
62	122.250	33.160	28.578	2354	14.405
70	121.522	32.815	28.578	2500	16.246
71	121.436	32.774	28.578	2517	16.478
72	121.352	32.734	28.578	2535	16.711
82	120.572	32.365	28.578	2709	19.076

Tabel G. 2 Data Coverage Layanan 3G pada Daerah Rural di Kabupaten Bangkalan

hb (m)	A	B	D	Radius Coverage (m)	Luas Coverage (km ²)
30	135.937	35.225	32.746	1283	4.278
35	135.012	34.786	32.746	1368	4.866
41	134.062	34.336	32.746	1464	5.572
42	133.917	34.268	32.746	1479	5.690
45	133.503	34.071	32.746	1525	6.045
50	132.871	33.772	32.746	1598	6.639
51	132.752	33.715	32.746	1612	6.758
52	132.635	33.660	32.746	1626	6.878
70	130.851	32.815	32.746	1867	9.059
72	130.682	32.734	32.746	1892	9.305
82	129.902	32.365	32.746	2014	10.551

LAMPIRAN H

SURAT PERMOHONAN BANTUAN DATA



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
Gedung B & C, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp. (031) 5947302, 5994251-55 (Ext.1206, 1239) Fax. (031) 5931237
Email: elits@ee.its.ac.id ; www.ee.its.ac.id

Nomor : 00147 /IT2.1.2/PP.05.02/2014
Lampiran : 1 (satu) set
Hal : Penelitian Tugas Akhir
dan bantuan data

28 Oktober 2014

Kepada : Yth. Kepala
Badan Kesatuan Bangsa dan Politik
Jawa Timur
Jl. Putat Indah 1
Surabaya (60189)

Dengan ini kami hadapkan mahasiswa :

Nama	: Raka Kusuma Landyanto
Nomor Pokok	: 2212105015
Tahap Pendidikan	: Sarjana, Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS
Bidang Studi	: Telekomunikasi Multimedia

yang sedang mengambil Tugas Akhir dengan judul :

Optimasi Penempatan Lokasi Menara Baru Bersama Pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Bangkalan Menggunakan Algoritma Fuzzy Evolusi

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, kami mohon agar mahasiswa yang bersangkutan bisa mendapatkan kesempatan untuk melaksanakan penelitian / pencarian data dan informasi yang berhubungan dengan tugas akhirnya di Instansi Saudara. Apabila memungkinkan kami mengharapkan hal tersebut dapat dilaksanakan mulai tanggal 3 November 2014, selama 1 (satu) bulan.

Atas perhatian dan bantuan yang diberikan kami ucapkan terima kasih.



Kepala,

Dr Tri Arief Sardjono, ST., MT
NIP. 197002121995121001

Gambar H. 1 Surat Permohonan Ijin Penelitian dan Bantuan Data



LAMPIRAN I

SURAT KETERANGAN BAKESBANGPOL SURABAYA



PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
JALAN PUTAT INDAH NO.1 TELP. (031) - 5677935, 5681297, 5675493
SURABAYA - (60189)

REKOMENDASI PENELITIAN/SURVEY/KEGIATAN Nomor : 070/ 10262 /203.3/2014

- Dasar** :
1. Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 64 tahun 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian, sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 7 tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 64 tahun 2011 ;
 2. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 101 Tahun 2008 tentang Uraian Tugas Sekretariat, Bidang, Sub Bagian dan Sub Bidang Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Provinsi Jawa Timur.
- Merimbang** :
- Surat Kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tanggal 28 Oktober 2014 Nomor : 00147/IT2.1.2/PP.05.02/2014 perihal Penelitian Tugas Akhir dan bantuan data atas nama Raka Kusuma Landyanto.

Gubernur Jawa Timur, memberikan rekomendasi kepada :

- | | |
|------------------------|--|
| a. Nama | : Raka Kusuma Landyanto |
| b. Alamat | : Dukuh Lor RT 027 RW 015 Pekahan, Jogonalan Kab. Klaten Prov. Jawa Tengah |
| c. Pekerjaan/Jabatan | : Mahasiswa |
| d. Instansi/Organisasi | : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya |
| e. Kebangsaan | : Indonesia |

Untuk melakukan penelitian/survey/kegiatan dengan :

- | | |
|----------------------|--|
| a. Judul Proposal | : "Optimasi Penempatan Lokasi Menara Baru Bersama Pada Sistem Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Bangkalan menggunakan Algoritma Fuzzy Evolusi" |
| b. Tujuan | : Optimasi Cell Planning |
| c. Bidang Penelitian | : Telekomunikasi Multimedia |
| d. Penanggung Jawab | : Dr. Ir. Achmad Mauludyanto, MT |
| e. Anggota/Peserta | : - |
| f. Waktu Penelitian | : 2 bulan |
| g. Lokasi Penelitian | : Kabupaten Bangkalan |

- Dengan ketentuan**
1. Berkewajiban menghormati dan mentaati peraturan dan tata tertib di daerah setempat / lokasi penelitian/survey/kegiatan;
 2. Pelaksanaan penelitian agar tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan keamanan dan ketertiban di daerah/lokasi setempat ;
 3. Wajib melaporkan hasil penelitian dan sejenisny kepada Gubernur Jawa Timur melalui Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Provinsi Jawa Timur dalam kesempatan pertama.

Demikian rekomendasi ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Surabaya, 10 Nopember 2014
an. KEPALA BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
PROVINSI JAWA TIMUR
Kepala Bidang Budaya Politik

Drs. SUSANTO, M.Si

Rendana Tk. I
NIP. 30900603 198504 1 012

Tembusan :

- Yth:
1. Gubernur Jawa Timur (sebagai laporan);
 2. Kepala Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Surabaya;
 3. Yang bersangkutan.

Gambar I. 1 Surat Rekomendasi Untuk Melakukan Penelitian



LAMPIRAN J

SURAT KETERANGAN BAKESBANGPOL BANGKALAN



PEMERINTAH KABUPATEN BANGKALAN
BADAN KESATUAN BANGSA DAN POLITIK
 JL. SOEKARNO HATTA NO. 37 TELP/FAX. (031) 3091577
 B A N G K A L A N

REKOMENDASI PENELITIAN NOMOR : 072 / 83 / 433.202 / 2014

- Dasar**
1. Undang - Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, sebagaimana telah diubah beberapa kali, terakhir dengan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2008;
 2. Permendagri Nomor 7 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 64 Tahun 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian;
 3. Peraturan Daerah Kabupaten Bangkalan Nomor 11 Tahun 2012 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Daerah Kabupaten Bangkalan Nomor 4 Tahun 2008 tentang Organisasi dan Tata Kerja Lembaga Teknis;
 4. Peraturan Bupati Bangkalan Nomor 18 Tahun 2011 tentang Perubahan Atas Peraturan Bupati Bangkalan Nomor 37 Tahun 2008 tentang Rincian Tugas, Fungsi dan Tata Kerja Badan Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat.

- Menimbang**
- a. bahwa untuk tertib administrasi dan pengendalian pelaksanaan penelitian dan pengembangan perlu diterbitkan rekomendasi penelitian
 - b. bahwa sesuai Surat Badan Kesatuan Bangsa Provinsi Jawa Timur, Tanggal 10 November 2014, Nomor : 070/10263/203.3/2014 Perihal Pengantar Penelitian
 - c. bahwa sesuai konsideran huruf a dan b, serta hasil verifikasi Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Bangkalan, berkas persyaratan administrasi penelitian telah memenuhi syarat sesuai pasal 4, 5 dan 6 Peraturan menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2011 tentang Pedoman Penerbitan Rekomendasi Penelitian.

Badan Kesatuan Bangsa dan politik Kabupaten Bangkalan, memberikan rekomendasi kepada :

- | | |
|---------------------------------|---|
| a. Nama | RAKA KUSUMA LANDYANTO |
| b. Alamat | Dukuh Lor Rt. 027/Rw. 015 Pakahan, Klaten – Jawa Tengah |
| c. Pekerjaan/Jabatan | Mahasiswa |
| d. Instansi/Civitas/ Organisasi | Institut Teknologi sepuluh Nopember Surabaya |
| e. Kebangsaan | Indonesia |

Untuk mengadakan PENELITIAN / SURVEY / RESEARCH dengan :

- | | |
|----------------------|--|
| a. Judul | : Optimasi penempatan lokasi menara baru bersama pada system telekomunikasi seluler di Kabupaten Bangkalan menggunakan Algoritma Fuzzy Evolusi |
| b. Bidang Penelitian | : Telekomunikasi Multimedia |
| c. Tujuan | : Mencari Data |
| d. Status Penelitian | : SI |
| e. Pembimbing | : Dr. Ir. Achmad Mauludiyanto, MT |
| f. Anggota | : - |
| g. Waktu | : 11 November 2014 s/d 11 Januari 2015 |
| h. Tempat/Lokasi | : Bappeda Kabupaten Bangkalan |

Gambar J.1 Surat Rekomendasi Untuk Pencarian Bantuan Data

- Dengan Ketentuan** :
1. Berkewajiban menghormati dan mentaati peraturan dan tata tertib di daerah setempat / lokasi penelitian;
 2. Pelaksanaan penelitian agar tidak disalahgunakan untuk tujuan tertentu yang dapat mengganggu kestabilan keamanan dan ketertiban di daerah setempat/lokasi penelitian;
 3. Melaporkan hasil penelitian dan sejenisnya kepada Bupati Bangkalan melalui Badan Kesatuan Bangsa dan Politik Kabupaten Bangkalan dalam kesempatan pertama.

Demikian rekomendasi ini dibuat untuk dipergunakan seperlunya.

Bangkalan, 11 November 2014
**KEPALA BAKESBANG DAN POLITIK
KABUPATEN BANGKALAN**


DR. P. NAWAWI, MM
Pembina Tk. I
NIP. 19640708 199211 1 001

Tembusan :
Yth. Bapak Bupati Bangkalan
(sebagai laporan)

Gambar J.2 Lanjutan Surat Rekomendasi Untuk Pencarian Bantuan Data

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Angga Dwian Prakoso dilahirkan di Salatiga, pada 8 November 1991 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara pasangan Bapak Endro Suharyanto, S.E. M.M dan Ibu Eny Puji Astuti, S.Pd, M.Pd. Penulis menamatkan sekolah di SDN Tegalrejo 01 Salatiga pada tahun 2003. Kemudian masuk ke SLTPN 01 Salatiga dan menamatkan pendidikan tahun 2006, kemudian melanjutkan pada SMAN 01 Salatiga pada tahun yang sama. Pada tahun 2009, penulis

menlanjutkan pendidikan D3 di Jurusan Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom yang sekarang di kenal sebagai Telkom *University* dan menyelesaikan pendidikan pada tahun 2012. Selanjutnya penulis mengambil pendidikan S1 program Lintas Jalur di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada awal tahun 2013. Penulis memilih bidang studi Telekomunikasi Multimedia dan mengambil topik Tugas Akhir di Laboratorium Antena dan Propagasi.

E-mail : anggawian@gmail.com